



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE USO DE FERRAMENTAS BASEADAS EM
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO.**

RIO BRANCO
2024

LUIZ EDUARDO ORTIZ DUARTE

**UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE USO DE FERRAMENTAS BASEADAS EM
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO.**

Monografia apresentada como exigência parcial
para obtenção do grau de bacharel em Siste-
mas de Informação pela Universidade Federal
do Acre.

Orientador: Profa. Dra. Laura Costa Sarkis

RIO BRANCO

2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

D812r Duarte, Luiz Eduardo Ortiz, 2000 -

Uma revisão sistemática sobre uso de ferramentas baseadas em inteligência artificial na educação / Luiz Eduardo Ortiz Duarte; Orientadora: Dr^a. Laura Costa Sarkis. - 2024.

72 f.: il.; 30 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Bacharel em Sistemas de Informação, Rio Branco, 2024. Inclui referências bibliográficas, anexos e apêndice.

1. Aplicações. 2. Algoritmos. 3. AIED. I. Sarkis, Laura Costa (Orientador). II. Título.

CDD: 004

TERMO DE APROVAÇÃO

LUIZ EDUARDO ORTIZ DUARTE

UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE USO DE FERRAMENTAS BASEADAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO.

Esta monografia foi apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, sendo aprovado pela banca constituída pelo professor orientador e membros abaixo mencionados.

Compuseram a banca:

Profa. Dra. Laura Costa Sarkis
Curso de Bacharelado em Sistemas de
Informação - Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. André Luiz Nasseralla Pires
Curso de Bacharelado em Sistemas de
Informação - Universidade Federal do Acre

Prof. Me. Wilker Luis Gadelha Maia
Curso de Bacharelado em Sistemas de
Informação - Universidade Federal do Acre

Rio Branco, 13 de março de 2024

Dedico este trabalho a todo o curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Acre, corpo docente e discente, a quem fico lisonjeado por dele ter feito parte.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus familiares e amigos, pelo apoio, incentivo e companhia incondicional oferecido durante esta jornada árdua pelo mundo acadêmico.

Gostaria de agradecer a Universidade Federal do Acre, pela oportunidade concedida e pelo suporte durante a realização de meus estudos e desenvolvimento desta monografia.

Agradeço também a orientadora desta monografia, a Profa. Dra. Laura Costa Sarkis, por sua orientação e tempo gastos na resolução deste estudo, além de todo apoio realizado durante suas aulas em todas as disciplinas que ela ministra.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

*“Educar verdadeiramente não é ensinar fatos
novos ou enumerar fórmulas prontas, mas sim
preparar a mente para pensar.”*
(Albert Einstein)

RESUMO

A área da educação desempenha um papel fundamental no desenvolvimento pleno do ser humano, acompanhando seu progresso social e tecnológico. Com o avanço da tecnologia, especialmente no campo da inteligência artificial, surge uma tendência crescente na aplicação de novas tecnologias no ambiente educacional, e as inteligências artificiais não são exceção. Nesse contexto, esta monografia tem como o objetivo, identificar quais ferramentas são mais utilizadas, onde são aplicadas e quais os benefícios de aplicação das mesmas. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foram analisados 39 artigos e monografias publicados em 4 repositórios dedicados a trabalhos acadêmicos. Os resultados demonstram a presença na literatura de ferramentas como o ChatGPT, Khan Academy e Duolingo, além de algoritmos e modelos como NPLs, BNS e CNNs, e outros algoritmos clássicos de aprendizado de máquina como árvores de decisão, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbor. Além disso, foram observadas áreas de aplicação como os sistemas de aprendizagem adaptativos, tutores inteligentes e predição de resultados acadêmicos. Os benefícios observados incluem o aumento do engajamento dos alunos, a melhoria do acesso à educação e a qualidade da aprendizagem. Esses resultados ressaltam a importância de uma abordagem ferramental baseada em IA e seus impactos na transformação do paradigma educacional, impulsionando a inovação e aprimorando significativamente a experiência de ensino e aprendizagem.

Palavras-chaves: Aplicações, Algoritmos, AIED, Ferramentas, Modelos, Inteligência artificial, Revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

The field of education plays a fundamental role in the full development of the human being, accompanying their social and technological progress. With the advancement of technology, especially in the field of artificial intelligence, there is a growing trend in the application of new technologies in the educational environment, and artificial intelligences are no exception. In this context, this monograph aims to identify which tools are most used, where they are applied, and the benefits of their application. Through a systematic review of the literature, 39 articles and monographs published in 4 repositories dedicated to academic work were analyzed. The results demonstrate the presence in the literature of tools such as ChatGPT, Khan Academy, and Duolingo, as well as algorithms and models such as NLPs, BNS, and CNNs, and other classical machine learning algorithms such as decision trees, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbor. In addition, areas of application such as adaptive learning systems, intelligent tutors, and academic outcome prediction were observed. The benefits observed include increased student engagement, improved access to education, and learning quality. These results highlight the importance of an AI-based tool approach and its impacts on the transformation of the educational paradigm, driving innovation and significantly enhancing the teaching and learning experience.

Key-words: Applications, Algorithms, AIED, Tools, Models, Artificial intelligence, Systematic literature review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pesquisas levantadas no Web of Science e Google Scholar.	18
Figura 2 – Metodologia de pesquisa.	19
Figura 3 – Inteligência para uma IA.	23
Figura 4 – Diferentes tipos de modelos.	23
Figura 5 – <i>Template</i> do diagrama de fluxos PRISMA.	27
Figura 6 – Repositórios utilizados.	30
Figura 7 – Modelo PRISMA.	34
Figura 8 – Relação frequência para ano.	37
Figura 9 – Metodologias de pesquisa.	38
Figura 10 – Pontuação versus Metodologias de pesquisa.	39
Figura 11 – Porcentagem de artigos por língua original.	40
Figura 12 – Disponibilidades das ferramentas.	43
Figura 13 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 1).	64
Figura 14 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 2).	65
Figura 15 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 3).	66
Figura 16 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 4).	67
Figura 17 – Anexo: Quadro de algoritmos e modelos levantados (Página 1).	68
Figura 18 – Anexo: Quadro de algoritmos e modelos levantados (Página 2).	69
Figura 19 – Anexo: Checklist PRISMA (Página 1).	71
Figura 20 – Anexo: Checklist PRISMA (Página 2).	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de elegibilidade.	33
Quadro 2 – Critérios de exclusão.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelo PICOC	31
Tabela 2 – <i>Strings</i> de busca aplicadas.	32
Tabela 3 – Relação de pontuação.	35
Tabela 4 – Principais ferramentas classificadas por frequência.	41
Tabela 5 – Principais algoritmos e modelos.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	<i>Artificial Intelligence</i>
AI-ALS	<i>Artificial Intelligence-Enabled Adaptive Learning Systems</i>
AIED	<i>Artificial Intelligence in Education</i>
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
BP	Backpropagation
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
GPT	<i>Generative pre-trained transformer</i>
IA	Inteligência artificial
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
ITS	<i>Intelligent Tutoring Systems</i>
LLM	<i>Large Language Model</i>
LSTM	<i>Long-Short Term Memory</i>
PICOC	<i>Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context</i>
RNAs	Redes neurais artificiais
STEM	<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i>
SVR	<i>Support Vector Regression</i>
TI	Tecnologia da informação
UFAC	Universidade Federal do Acre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	17
1.4	METODOLOGIA	18
1.5	ORGANIZAÇÃO	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	22
2.1.1	Modelos e Técnicas	23
2.2	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO	24
2.2.1	Visão Computacional	25
2.3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	26
2.4	<i>PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES (PRISMA)</i>	27
2.5	FERRAMENTA PARSIFAL	28
2.6	MODELO PICOC	29
3	MÉTODOS	30
3.1	FONTE DE INFORMAÇÕES	30
3.2	ESTRATEGIA DE PESQUISA	31
3.2.1	<i>String</i> de busca	31
3.2.2	Critérios de elegibilidade	32
3.3	PROCESSO DE COLETA DE DADOS	32
4	RESULTADOS	37
4.1	ANÁLISE DOS DADOS	37
4.2	RQ1:QUAIS SÃO AS FERRAMENTAS MAIS COMUNS UTILIZADAS NA APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO?	39
4.2.1	<i>Softwares</i> e plataformas	40
4.2.2	Modelos e algoritmos	43
4.2.2.1	Aprendizado de máquina clássico	44
4.2.2.2	Redes neurais artificiais	45
4.2.2.3	Modelos de tutoria inteligente	45
4.2.2.4	IAs generativas	46
4.2.2.5	Redes Bayesianas	46
4.2.2.6	Modelos de processamento de linguagem natural	47

4.2.2.7	Aprendizado profundo	47
4.3	RQ2:QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS BASEADAS EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO?	48
4.3.1	Aprendizado adaptativo ou personalizado	48
4.3.2	Avaliação automática	50
4.3.3	Educação STEM	50
4.3.4	Predição	51
4.3.5	Tutores inteligentes	51
4.4	RQ3: QUAIS SÃO OS BENEFÍCIOS DECORRENTES DO USO DESTAS FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO?	52
4.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
5.1	CONTRIBUIÇÕES	56
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	56
5.3	TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICES	63
	APÊNDICE A QUADRO DE FERRAMENTAS LEVANTADAS	64
	APÊNDICE B QUADRO DE ALGORITMOS E MODELOS LEVANTADOS	68
	ANEXOS	70
	ANEXO A CHECKLIST PRISMA	71

1 INTRODUÇÃO

A educação desempenha um papel fundamental na sociedade, estando intrinsecamente conectada a todos os outros setores e exercendo um impacto substancial sobre eles. Devido à sua importância crítica, a educação deve ser considerada como uma prioridade inegociável para todos os grupos da sociedade, independentemente dos desafios que possam surgir (Ahmad *et al.*, 2021).

A interseção entre tecnologia e educação não é nova. Desde o advento da educação formal, as tecnologias têm desempenhado um papel crucial na disseminação do conhecimento, desde a invenção da imprensa até o desenvolvimento de projetores e computadores nas salas de aula. No entanto, foi nas últimas décadas do século XX que a inteligência artificial começou a emergir como uma potente ferramenta educacional. De acordo com o estudo conduzido por (Chen *et al.*, 2022), uma análise de 4.519 publicações no período de 2000 a 2019 revelou um crescimento significativo no interesse pelo uso de Inteligência Artificial (IA) com finalidades educacionais. As áreas de pesquisa abrangem tópicos como processamento de linguagem aplicado ao ensino de idiomas, adoção de robôs educacionais para instrução em IA, e a utilização de mineração de dados educacionais para prever o desempenho dos estudantes, entre outros.

Neste contexto em constante evolução, a integração da inteligência artificial na educação não apenas revoluciona a forma como aprende-se e ensina-se, mas também abre portas para oportunidades antes inimagináveis. Por exemplo, em um estudo realizado por (Chen; Chen; Lin, 2020), foram identificadas e categorizadas funções passíveis de serem aprimoradas por meio da IA, classificando-as em administração, instrução e aprendizado. Essas funções têm um impacto significativo não apenas em instituições educacionais, mas também em professores, tutores e alunos.

Ferramentas de IA são definidas como a aplicação prática de modelos de inteligência artificial, como aprendizado de máquina e aprendizado profundo, em uma ou várias tarefas específicas (Ali; Naeem; Bhatti, 2020). Essas ferramentas variam em sua aplicação e podem ser encontradas em diversos campos, incluindo robótica, *chatbots*, processamento de linguagem natural, reconhecimento de padrões, entre outros.

Neste trabalho, será explorado detalhadamente o uso de ferramentas baseadas em inteligência artificial aplicado na educação, com o objetivo de compreender suas aplicações, benefícios, desafios e buscando indicar quais ferramentas e algoritmos são mais utilizadas.

1.1 Problema de Pesquisa

O cenário educacional vem passando por uma transformação sem precedentes à medida que avanços tecnológicos continuam a moldar a sociedade moderna (Chaudhry; Kazim, 2022). A crescente digitalização e conectividade global têm revolucionado a maneira como as informações são acessadas, compartilhadas e assimiladas. Nesse contexto de mudanças rápidas, a educação está se adaptando para atender às demandas de uma nova geração de aprendizes digitais.

Com essa rápida evolução, a tecnologia tem impactado profundamente vários setores da sociedade e a área da educação, não é exceção. Segundo (Chen; Chen; Lin, 2020), a inteligência artificial tem sido extensivamente adotada e utilizada na educação, principalmente por instituições de ensino de diferentes formas, sejam elas de forma administrativa ou de auxílio ao aprendizado. No entanto, de acordo com (Lai *et al.*, 2023), apesar de seu uso difundido, ainda sabe-se relativamente pouco sobre os potenciais impactos que a IA pode ter nas pessoas que a utilizam.

A crescente e ampla adoção da inteligência artificial na educação levanta questões cruciais sobre o estado atual da pesquisa que envolve a aplicação dessas IA's no campo educacional. Desta forma, esta pesquisa levanta a seguinte problemática: Quais são e como são aplicadas as ferramentas baseadas em inteligências artificiais no âmbito educacional? Diante dessa indagação subjacente, o presente trabalho delinea uma série de perguntas de pesquisa:

1. RQ1: Quais são as ferramentas mais comuns utilizadas na aplicação da inteligência artificial na educação?
2. RQ2: Quais são as principais áreas de aplicação de ferramentas baseadas em inteligência artificial na educação?
3. RQ3: Quais são os benefícios decorrentes do uso destas ferramentas de inteligência artificial na educação?

1.2 Objetivos

Esta seção apresenta os objetivos a serem alcançados nesse trabalho, tanto de forma geral quanto de forma específica.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar como ferramentas baseadas em inteligência artificial em seus diversos formatos, encontram-se aplicadas à educação, quais seus benefícios, buscando indicar quais ferramentas e técnicas são mais utilizadas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Realizar um levantamento bibliográfico abrangente sobre o uso da inteligência artificial na educação, identificando artigos científicos, trabalhos de conferência, teses e dissertações relevantes.
- b) Desenvolver um protocolo de revisão que descreva em detalhes os critérios de, inclusão e exclusão dos estudos, as fontes de busca, os procedimentos de seleção e avaliação dos estudos, bem como a estratégia de análise dos dados.
- c) Classificar e organizar as publicações selecionadas de acordo com critérios predefinidos, como metodologia de pesquisa, objetivos, resultados e áreas de aplicação.
- d) Analisar criticamente os estudos selecionados, identificando os principais benefícios, ferramentas e áreas de aplicação do uso de ferramentas de inteligência artificial na educação.
- e) Sintetizar os resultados dos estudos selecionados e fornecer uma visão geral atualizada do estado da arte sobre o uso dessas ferramentas para a educação.
- f) Identificar as principais ferramentas citadas, seus benefícios, e suas aplicações para o uso da inteligência artificial com base nos estudos.

1.3 Justificativa da Pesquisa

O presente trabalho encontra sua motivação na crescente e abrangente adoção das tecnologias fundamentadas em inteligência artificial no âmbito educacional. Como mencionado na Seção 1, a pesquisa conduzida por (Chen *et al.*, 2022) destaca um notável aumento na produção de trabalhos científicos relacionados à problemática, a Figura 1 representa a quantidade de pesquisas disponíveis nas plataformas *WebofScience*¹ e *GoogleScholar*² em um período de 2010 a 2019, que apresentam as palavras chaves "I.A" e "Educação".

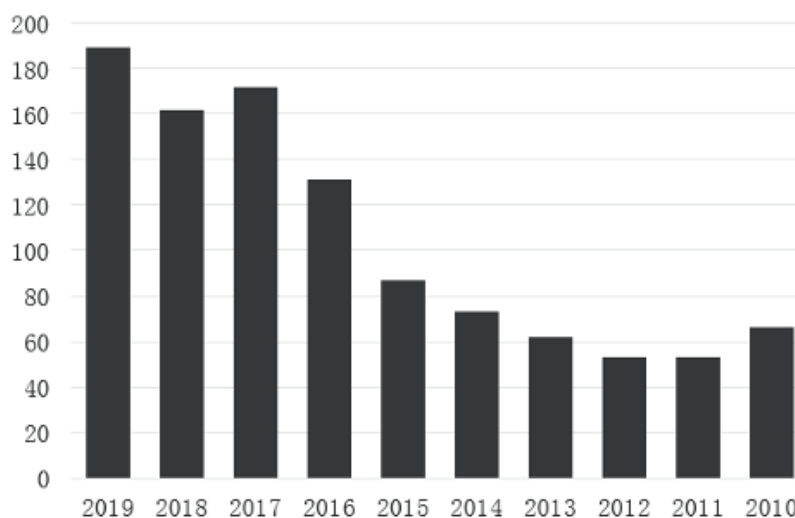
De acordo com o gráfico apresentado na Figura 1 é perceptível que a representação da quantidade de trabalhos sobre a problemática tem aumentando significativamente. Pode-se então inferir que o interesse e a pesquisa nessa área específica estão em ascensão. Como destaca (Roll; Wylie, 2016) a interseção entre a inteligência artificial e a educação tem gerado uma diversidade de ferramentas e abordagens inovadoras que estão redefinindo a maneira como pessoas aprendem e ensinam. Nesse contexto, compreender o estado atual da pesquisa que envolve a aplicação dessas tecnologias assume uma importância crucial.

A educação, como um dos pilares fundamentais da sociedade, está em constante busca por estratégias que aprimorem a eficácia do ensino e, por consequência, o alcance dos objetivos

¹ <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/>

² <https://scholar.google.com>

Figura 1 – Pesquisas levantadas no Web of Science e Google Scholar.



Fonte: Chen *et al.* (2022).

educacionais. Para (Lievertz, 2019) a inteligência artificial se apresenta como uma oportunidade promissora para alcançar tais metas, uma vez que oferece ferramentas que podem revolucionar a personalização da aprendizagem, a análise preditiva do desempenho dos alunos e a criação de ambientes educacionais mais dinâmicos e interativos.

Nesse contexto, examinar de forma sistemática e abrangente as pesquisas existentes sobre a intersecção entre inteligência artificial e educação é um passo essencial para identificar as melhores práticas de aplicação, compreender as vantagens e potenciais desvantagens, e explorar as oportunidades e ferramentas inerentes a essa fusão de campos. Através desta revisão, pretende-se oferecer uma análise aprofundada das tendências emergentes, das lacunas no conhecimento e das abordagens que têm demonstrado eficácia, além de quais ferramentas já estão em uso.

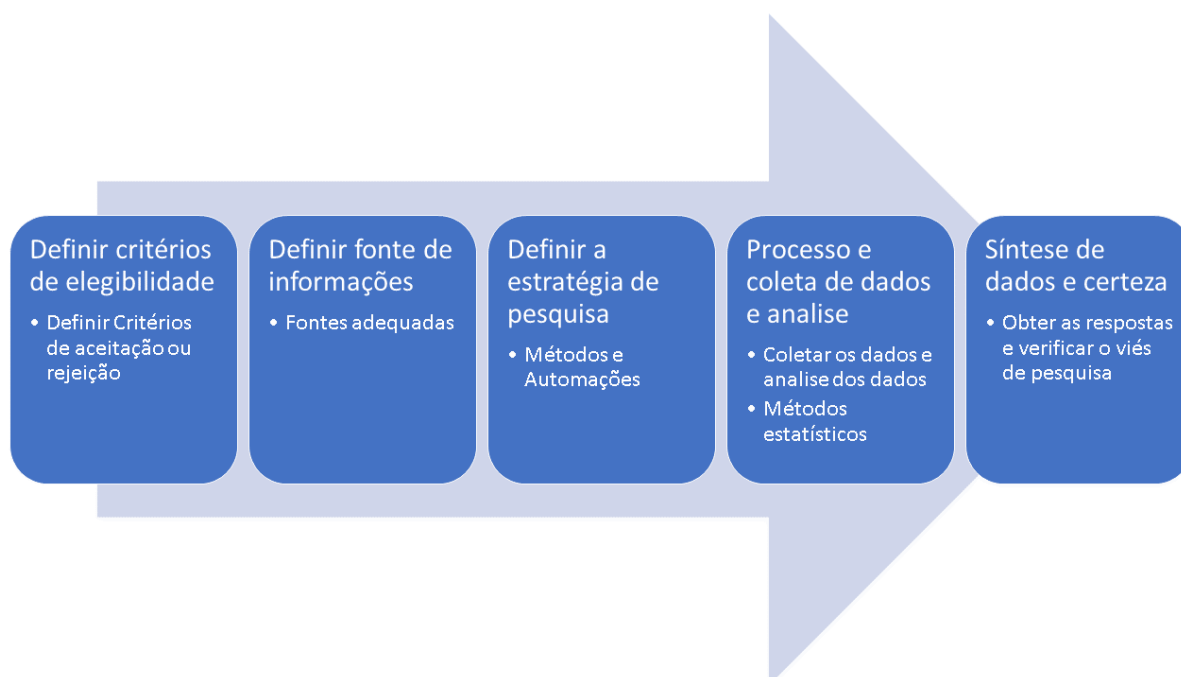
Portanto, o propósito subjacente a esta revisão sistemática é não apenas compreender o cenário atual da aplicação de ferramentas baseadas em inteligência artificial na educação, mas também promover o avanço do conhecimento sobre quais são as ferramentas mais aplicadas e os impactos positivos dessas tecnologias. Ao fazê-lo, esta pesquisa visa contribuir para uma base de conhecimento sólida que beneficie educadores, pesquisadores, formuladores de políticas educacionais e todos os envolvidos no processo de transformação educacional impulsionado pela inteligência artificial.

1.4 Metodologia

Para (Jonker; Pennink, 2010), metodologia consiste na estruturação de ações para se encontrar uma resposta desejada. Enquanto para (Wazlawick, 2009) a metodologia consiste no estudo dos métodos, sendo fundamental para qualquer trabalho de cunho científico.

Nesta pesquisa, serão empregados diversos métodos científicos como descritos por (Silva; Menezes, 2005), sendo uma pesquisa exploratória que abrange tanto abordagens quantitativas quanto qualitativas, com o intuito de responder às questões de pesquisa formuladas. Para a realização da mesma, será utilizado a aplicação Parsifal além de se seguir as *guidelines* providenciadas pelo modelo PRISMA desenvolvido por (Page *et al.*, 2021a). Com isso, serão realizados os seguintes passos associados às etapas apresentadas no processo de revisão sistemática e as *guidelines* propostas, como pode ser visualizado na Figura 2:

Figura 2 – Metodologia de pesquisa.



Fonte: Adaptado de Page *et al.* (2021a).

- 1. Definir critérios de elegibilidade:** Definir os critérios necessários para responder o porque um estudo será aceito ou não para a pesquisa.
- 2. Definir fonte de informações adequadas:** Especificar quais fontes de dados serão utilizadas, suas referencias e datas.
- 3. Definir estratégia de pesquisa:** Especificar quais métodos serão utilizados para a decisão de quais estudos serão utilizados, além de documentar as possíveis automações.
- 4. Processo de coleta de dados:** Realizar a coleta de dados baseado na estratégia de pesquisa definida.
- 5. Análise dos dados:** Analisar de forma critica os dados coletados, a fim de responder as perguntas de pesquisa.³

³ Existem subtópicos que serão utilizados, porém não foram apresentados para simplificar

6. **Sintetizar os dados:** Especificar quais métodos de síntese serão utilizados, tabular os dados a fim de o viés de pesquisa.
7. **Avaliação de certeza:** Descrever quaisquer métodos utilizados, dados coletados e estatísticas para avaliar a certeza (ou confiança) no conjunto de evidências para um resultado.

A plataforma Parsifal será empregada para a execução das atividades automatizadas de extração de pesquisas e artigos, pois oferece uma ampla gama de funcionalidades essenciais para a realização eficaz de revisões sistemáticas. Isso é respaldado por uma pesquisa comparativa conduzida por (Stefanovic *et al.*, 2021), que avaliou três plataformas de apoio à revisão. Constatou-se que a plataforma Parsifal apresenta recursos-chave, embora tenha sido evidenciado deficiências em algumas áreas nesta ferramenta, resultando em uma classificação inferior em comparação com as concorrentes à época da pesquisa, é importante observar que muitas das funcionalidades identificadas como ausentes foram subsequentemente implementadas em versões mais recentes da plataforma. Durante esta pesquisa, foi utilizado a versão mais recente da plataforma, sendo a versão 2.2.0⁴, disponibilizada em agosto de 2020.

1.5 Organização

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, incluído o capítulo atual.

No Capítulo 2 de fundamentação teórica, são apresentados os conceitos essenciais relacionados a IA, AIED, descrevendo uma revisão sistemática de literatura, a metodologia PRISMA, a ferramenta de revisão Parsifal e o Modelo PICOC.

O Capítulo 3 de métodos começa contextualizando informações referentes a como a pesquisa foi realizada, identificando as fontes de informação necessárias para a realização, demonstrando a estratégia de pesquisa aplicada e descrevendo o processo de coleta de dados em sua totalidade.

Já no Capítulo 4 de resultados, serão levantadas as considerações realizadas durante a pesquisa, demonstrando a análise de dados extraídos previamente, e respondendo às questões de pesquisa definidas.

O Capítulo 5 de considerações finais, são apresentadas as contribuições do trabalho, destacando-se as principais descobertas e realizações. Além disso, são relatadas as possíveis limitações do e melhorias para direcionar futuras pesquisas ou desenvolvimentos na área abordada.

Por fim, são apresentados os Apêndices A referentes aos quadros que contêm as ferramentas levantadas em sua totalidade e então os Anexos A contendo a documentação de *checklist*,

⁴ <https://github.com/vitorfs/parsifal/releases/tag/v2.2.0>

sendo a base das diretrizes PRISMA aplicadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos fundamentais para realização deste trabalho tais como: Inteligência artificial, inteligência artificial na educação e revisão sistemática da literatura. A Seção 2.1 apresenta os principais conceitos sobre inteligências artificiais. Em seguida a Seção 2.5 apresenta os conceitos sobre AIED.

2.1 Inteligência Artificial

O conceito de inteligência artificial abrange a capacidade intrínseca de um computador ou máquina de reproduzir a essência da inteligência intelectual humana (Lindblom; Ziemke, 2003). Essa abordagem não se limita apenas a uma mera imitação, mas envolve a criação de sistemas que conseguem executar tarefas que tradicionalmente seriam associadas à mente humana. Nesse sentido, a inteligência artificial não apenas replica a cognição, mas também busca compreender e replicar a maneira como os seres humanos aprendem, raciocinam e resolvem problemas.

Conforme mencionado por (Nabi; Bansal; Xu, 2021), as inteligências artificiais englobam a criação de programas computacionais que desempenham tarefas que tipicamente estão ligadas à inteligência humana, como reconhecimento de padrões, planejamento e análise crítica com base em dados coletados. Em sua essência, a inteligência artificial se esforça para criar máquinas que não apenas executem comandos programados, mas que também aprendam, adaptem-se e ajam de maneira inteligente, como seres humanos, em uma variedade de contextos e cenários desafiadores.

Como apontado por (Strong, 2016), o conceito de inteligência artificial pode ser categorizado de duas maneiras, dependendo da filosofia subjacente à sua implementação. Essa categorização se desdobra em IA forte e fraca, e a distinção entre esses dois conceitos reside em suas capacidades intrínsecas. Enquanto a IA forte é caracterizada por sua capacidade potencial de representar a cognição humana no futuro. A IA fraca não detém essa capacidade, servindo, em vez disso, como uma mera simulação do raciocínio humano, sendo a mais utilizada em atividades práticas cotidianas.

Ainda segundo (Strong, 2016), as inteligências artificiais devem possuir a capacidade de adquirir informações, julgar as mesmas, entender relações entre estas informações e produzir então pensamentos originais. Definindo então a ideia de inteligência para uma IA, como sendo a soma de suas capacidades, como pode ser observado na Figura 3

Figura 3 – Inteligência para uma IA.

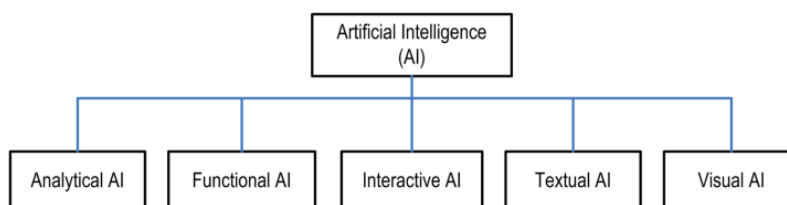
$$\textit{Intelligence} = \textit{perceive} + \textit{Analyse} + \textit{React}$$

Fonte: Strong (2016).

2.1.1 Modelos e Técnicas

Conforme mencionado por (Sarker, 2022), um modelo de inteligência artificial é um sistema ou algoritmo que integra características humanas e inteligência em máquinas ou sistemas, com o propósito de criar sistemas automatizados e inteligentes. Isso capacita computadores e máquinas a desempenhar funções cognitivas, tais como resolução de problemas, tomada de decisões, percepção e compreensão da comunicação humana. Esses modelos são desenvolvidos com objetivos específicos, geralmente voltados para a resolução de problemas do cotidiano. No entanto, a criação de um modelo de IA eficaz é um desafio significativo devido à natureza dinâmica e à variabilidade dos problemas e dos dados do mundo real. Portanto, a especialização de modelos se torna necessária. De acordo com as informações apresentadas por (Sarker, 2022), esses modelos podem ser categorizados conforme a Figura 4.

Figura 4 – Diferentes tipos de modelos.



Fonte: Sarker (2022).

- a) **Modelo de IA analítico:** Esses modelos tem acesso a dados específicos, tendo a capacidade de devolver informações e recomendações, através do processamento analítico de dados, podendo então impactar a tomada de decisões, sendo muito utilizado em empresas.
- b) **Modelo de IA funcional:** Apresenta funcionalidades e características semelhantes com o modelo de IA analítico, contudo, não realiza recomendações, sendo então desenvolvido para tomar decisões por si próprio.
- c) **Modelo de IA interativa:** Modelos desenvolvidos com características interativas aprimoradas, a fim de melhorar a interação entre homem e maquina e auxiliar de alguma forma, como *chatbots* e assistentes pessoais.

- d) **Modelo de IA textual:** Modelos desenvolvidos para a análise de textos ou processamento de linguagem natural humana, apresentando funcionalidades como reconhecimento de texto, conversão de fala em texto, máquina capacidade de tradução e geração de conteúdo.
- e) **Modelo de IA visual:** Modelos que lidam com a visão computacional e realidade aumentada.

Ainda segundo (Sarker, 2022), o desenvolvimento de modelos tem papel indispensável para a maioria dos sistemas de automação e sistemas inteligentes, tão necessários para a sociedade atual. Para satisfazer essas necessidades, o desenvolvimento dos modelos para serem utilizados no mundo real, deve-se levar em consideração diferentes técnicas que podem ser aplicadas em diferentes situações e cenários, as técnicas tem a função de servir como base de desenvolvimento dos diferentes modelos. Essas técnicas podem ser classificadas da seguinte forma.

- a) Aprendizado de Máquina.
- b) Redes Neurais e Aprendizado profundo.
- c) Mineração de dados.
- d) Modelagem baseada em regras e tomada de decisão.
- e) Abordagem baseada em lógica difusa.
- f) Sistemas especialistas.
- g) Raciocínio baseado em Casos.
- h) Mineração de texto e Processamento de linguagem natural.
- i) Análise Visual, Visão Computacional e Padrão Reconhecimento.
- j) Abordagem Híbrida.

2.2 Inteligência Artificial na Educação

Inteligência artificial na educação (*Artificial Intelligence in Education - AIED*) se refere ao uso de tecnologias de inteligência artificial no âmbito educacional com o objetivo de facilitar o ensino, aprendizado ou tomada de decisões (Hwang *et al.*, 2020). A IA tem influenciado diversos setores, e a educação não é diferente, sendo uma forma contemporânea e moderna de tutoria e ensino, podendo auxiliar na resolução de diversos problemas como acessibilidade de conteúdo e deficiência de professores. Sendo então inevitável a sua adoção no setor educacional (Ahmad *et al.*, 2021).

A aplicabilidade dessas tecnologias é vasta, abrangendo múltiplas áreas do campo educacional. Elas podem ser adaptadas e customizadas para atender às necessidades específicas de estudantes, professores e instituições de ensino. Independentemente das diferenças nas

características intrínsecas dessas tecnologias. Segundo (Luckin; Holmes, 2016), alguns exemplos de aplicações utilizando a IA na educação podem ser demonstrados por:

1. **Tutores pessoais:** Utilizar técnicas de Inteligência Artificial para emular a tutoria individual humana, oferecendo atividades de aprendizado que se ajustem de forma mais precisa às necessidades cognitivas do aluno e fornecendo *feedback* específico e pontual, tudo isso sem depender da presença de um professor individual.
2. **Suporte inteligente para aprendizado colaborativo:** A inteligência artificial pode aprimorar a colaboração entre estudantes, oferecendo *feedback* imediato sobre suas contribuições, identificando pontos de concordância e divergência, e propondo estratégias para avançar na discussão.
3. **Realidade virtual inteligente:** A realidade virtual (RV) tem a capacidade de oferecer aos estudantes experiências imersivas e interativas que são desafiadoras ou até impossíveis de serem reproduzidas no ambiente real. A inteligência artificial pode aprimorar ainda mais essas experiências ao, adaptar a experiência às necessidades individuais dos alunos.

(Boulay, 2023) colabora a ideia de diversidade de possíveis aplicações da tecnologia, sendo possível observar uma ampla gama de aplicações da mesma, destacando-se o desenvolvimento de ferramentas que têm o potencial de desempenhar diversas funções no campo educacional. Essas ferramentas podem incluir a tutoria de habilidades específicas, auxílio na compreensão de conceitos, e suporte para o desenvolvimento da consciência metacognitiva. Adicionalmente, a inteligência artificial pode ser empregada para aprimorar a personalização do conteúdo e do caminho de aprendizado de cada aluno, além de coletar e analisar dados relevantes relacionados ao desempenho dos estudantes.

2.2.1 Visão Computacional

De acordo com (Walters, 1990), a visão computacional é um processo que envolve a utilização de computadores para analisar imagens e extrair informações relevantes sobre o mundo físico, proporcionando descrições significativas de objetos e cenários. Por exemplo, um sensor de imagem, como uma câmera de vídeo digital, captura uma imagem de uma cena do mundo real. Quando essa imagem é processada por um sistema de visão computacional, o resultado desejado é uma representação da cena física em termos que sejam relevantes para a tarefa em questão. A visão computacional encontra aplicações em diversas áreas, como robótica, automação industrial, processamento de documentos, sensoriamento remoto, navegação, microscopia, imagens médicas e desenvolvimento de próteses visuais para pessoas com deficiência visual.

2.3 Revisão Sistemática da Literatura

Uma revisão sistemática, juntamente com outros métodos de análise crítica e revisão, representa uma abordagem de pesquisa que emprega a literatura existente relacionada a um tópico específico como sua principal fonte de dados. Esse tipo de investigação fornece uma síntese das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção particular, através da aplicação de métodos transparentes e metódicos para buscar, avaliar criticamente e sintetizar as informações selecionadas (Sampaio; Mancini, 2007).

Uma revisão sistemática é um importante método de pesquisa, que necessita de muita rigidez em seu desenvolvimento, buscando evitar a presença de viés. Sendo realizada por meio de uma análise crítica e imparcial, se utilizando de métodos quantitativos e qualitativos. Segundo (Greyson *et al.*, 2019) uma revisão sistemática da literatura deve conter três princípios essenciais, devendo ser sistemática, compreensível e transparente. Para (Clarke, 2011) o propósito principal de uma revisão sistemática é oferecer um resumo abrangente de todas as pesquisas primárias disponíveis em resposta a uma pergunta de pesquisa específica. Essa abordagem engloba todas as investigações já realizadas, ocasionalmente sendo denominada como "pesquisa secundária"(ou pesquisa sobre pesquisas).

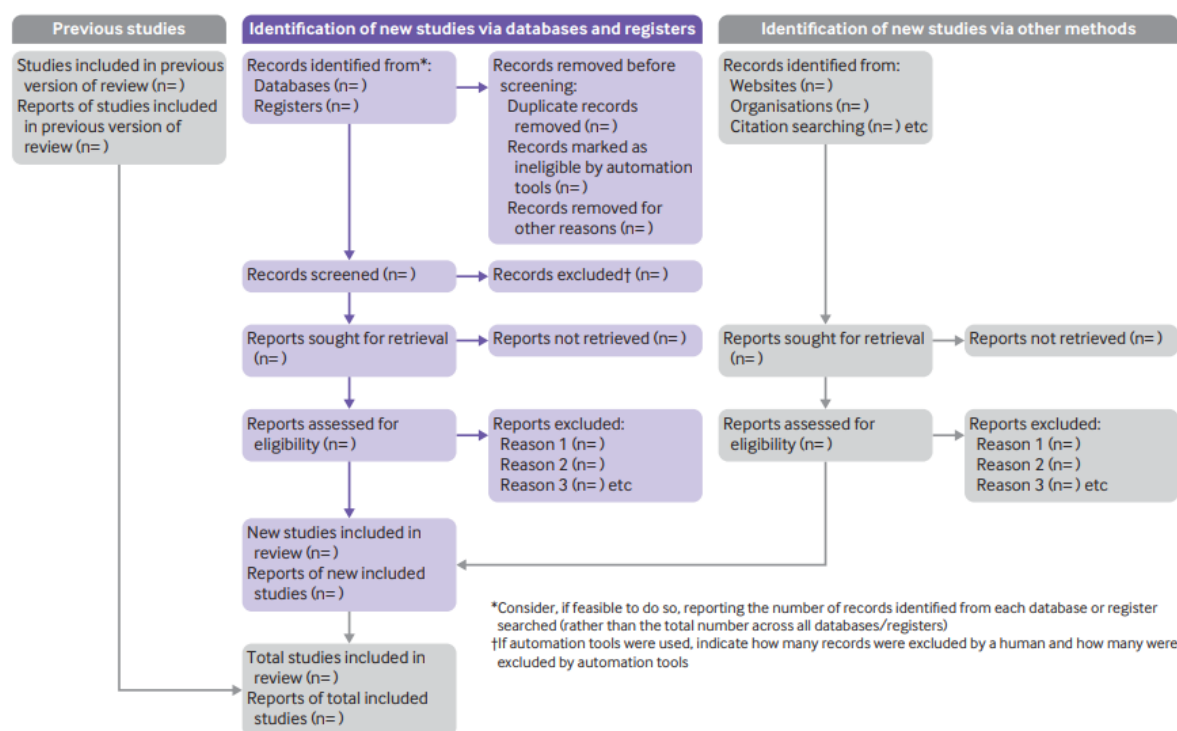
Para (Atallah; Castro, 1998) uma revisão sistemática de boa qualidade, deve seguir passos detalhados, os mesmos podem ser divididos em sete categorias e deverão ser seguidos em uma ordem sequencial para obter bons resultados, sendo eles:

1. **Formulação de pergunta de pesquisa:** Deve-se formular uma boa pergunta de pesquisa, pois é um passo essencial para o sucesso da mesma a fim de encontrar as melhores respostas possíveis.
2. **Localização e seleção de estudos apropriados:** Existem diversas fontes de estudos como, base de dados, congressos e revistas, a fim de encontrar bons estudos para a revisão.
3. **Realização de avaliação crítica:** Por meio de uma avaliação crítica, determina-se quais estudos são válidos e serão utilizados na revisão, enquanto aqueles que não atendem aos critérios de validade são citados e é explicado o motivo pelo qual não foram incluídos.
4. **Coleta de dados:** É fundamental que todos os fatores analisados sejam examinados e resumidos nos estudos, sendo essencial para avaliar se é possível ou não comparar os estudos escolhidos.
5. **Análise e apresentação de dados:** Com a análise dos dados pode-se então obter resultados, sendo esses quantitativos ou qualitativos, estes resultados devem ser apresentados de forma gráfica e numérica quando possível.

6. **Interpretação dos dados:** São avaliados diversos aspectos, como a robustez das evidências encontradas, a relevância dos resultados para a aplicação prática, informações sobre custos e as práticas atuais que tenham pertinência. Essa análise visa estabelecer de forma nítida os limites entre os benefícios e os riscos associados.
7. **Melhora e atualização:** Após a publicação da revisão, ela estará sujeita a críticas e sugestões que deverão ser incluídas nas edições subsequentes, a fim de melhorar a revisão e manutenção de sua relevância.

2.4 Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)

Figura 5 – *Template* do diagrama de fluxos PRISMA.



Fonte: Page *et al.* (2021b).

De acordo com (Page *et al.*, 2021b) *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* consiste em um conjunto de diretrizes com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de revisões sistemáticas da literatura de qualidade. Suas diretrizes foram desenvolvidas com o objetivo de ajudar o desenvolvimento de revisões sistemáticas da literatura mais transparentes, completas, e precisas.

Embora tenha sido inicialmente desenvolvido para uso em pesquisas relacionadas à área da saúde, (Page *et al.*, 2021b) garante que a lista de verificação de itens disponíveis pode ser aplicada a relatórios de revisões sistemáticas com o propósito de avaliar outras intervenções que não estejam relacionadas à saúde. A Figura 5 representa um diagrama desenvolvido para

representar, de forma genérica, o fluxo de atividades de uma revisão sistemática se baseando em suas diretrizes. A lista de verificação em sua totalidade pode ser visualizada no Anexo A.

Os campos em roxo são considerados essenciais, enquanto os campos em cinza, são dependentes do tópico de pesquisa e fonte de dados, podendo ser removidos do diagrama dependendo do contexto em que será aplicado. (Page *et al.*, 2021a) desenvolveram um conjunto de 27 itens, alguns dos quais contêm subitens. Esses itens são realizados de forma sequencial e abrangem uma ampla variedade de atividades que abrangem uma revisão sistemática como, definição de fontes de informações confiáveis, definir estratégias de pesquisa e síntese de dados. Essas atividades serão melhor desenvolvidas na Seção 1.4, Procedimentos Metodológicos.

2.5 Ferramenta Parsifal

Segundo (Stefanovic *et al.*, 2021), a ferramenta Parsifal ¹ consiste em uma aplicação web que oferece suporte a pesquisadores que desejam realizar uma revisão sistemática da literatura. Ainda segundo (Stefanovic *et al.*, 2021), essa ferramenta, como outras do seu tipo, tem o objetivo principal de auxiliar, de forma que:

1. Reduza de forma considerável o tempo da revisão.
2. Melhore a qualidade de uma revisão.
3. Diminua a subjetividade dos pesquisadores para com a revisão.
4. Auxilie para que a revisão seja o mais fácil possível.

Conforme (Parsifal, 2020), além de servir como uma ferramenta para documentar todo o processo, a Parsifal será uma valiosa ajuda para manter em mente o que é fundamental durante a realização de uma revisão sistemática da literatura. Durante a etapa de planejamento, a ferramenta é capaz de auxiliar o pesquisador na definição de objetivos de pesquisa, na formulação de questões de pesquisa, na criação de uma *string* de pesquisa abrangente com palavras-chave e sinônimos, na seleção das fontes a serem consultadas, bem como na definição dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos a serem analisados. Além disso, a ferramenta proporciona mecanismos para a elaboração de uma lista de verificação destinada a avaliar a qualidade dos estudos e formulários para a extração de informações dos artigos.

Durante a fase de execução da revisão, o pesquisador tem a capacidade de importar arquivos bibtex e escolher os estudos a serem incluídos, identificar possíveis duplicatas entre as diversas fontes de pesquisa, realizar avaliações da qualidade dos estudos e extrair informações relevantes dos artigos.

¹ <https://parsif.al/>

2.6 Modelo PICOC

O modelo PICOC apresenta os critérios para a ajudar na definição de perguntas de pesquisa e delimitar o escopo da mesma. O modelo é composto por cinco critérios que devem ser considerados na hora de definir aspectos de sua pesquisa, sendo recomendável para pesquisadas na área de medicina e engenharia de *software*, mas podem ser adaptados para qualquer áreas do conhecimento (Keele *et al.*, 2007).

- a) **População:** Refere-se a população específica que deseja se pesquisar a fim de delimitar o escopo da pesquisa, como por exemplo, delimitar apenas para um tema específico ou grupo de pessoas.
- b) **Intervenção:** Consiste no que se deseja procurar, como por exemplo, metodologias, ferramentas e tipos de pesquisas que desejam ser incluídas.
- c) **Comparação:** Consiste nas informações sobre o que o seu objetivo de pesquisa está sendo comparado com, um exemplo seria uma pesquisa que compara alguma tecnologia já existente, com uma nova.
- d) **Resultados:** São os fatos importantes que desejam ser levantados pela pesquisa que devem ser bem especificados.
- e) **Contexto:** Considera o contexto onde a pesquisa está se baseando, pode ser utilizado em conjunto com a comparação para encontrar resultados.

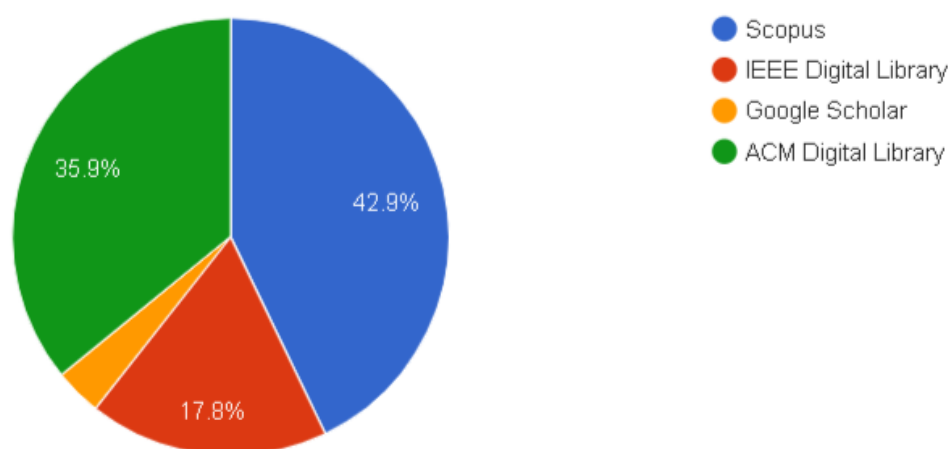
3 MÉTODOS

Este capítulo apresenta todos os procedimentos metodológicos utilizados durante a pesquisa de forma detalhada. Na Seção 3.1 será apresentado o processo de escolha das bases de dados utilizadas. Enquanto a Seção 3.2 apresenta como foram definidos a *string* de busca e os critérios de elegibilidade e exclusão. Por fim, a Seção 3.3 apresenta como se decorreu o processo de coleta de dados.

3.1 Fonte de informações

Uma revisão sistemática necessita de uma boa fonte de artigos relevantes para o contexto da mesma, a revisão desenvolvida foi baseada em repositórios de publicações de artigos como, Scopus, IEEE Digital Library e ACM Digital Library. Foram selecionadas as maiores repositórios para artigos publicados, como demonstrado por (Guan; Mou; Jiang, 2020). Esses repositórios foram selecionadas por serem as mais abrangentes e por estarem integradas à ferramenta Parsifal, utilizada neste estudo. Foram estabelecidos filtros de pesquisa para incluir apenas artigos em inglês e português, com um período limitado entre 2018 e 2023. Depois da pesquisa dos artigos, a técnica de *snowballing* utilizando as diretrizes propostas por (Wohlin, 2014). A técnica foi utilizada para encontrar mais artigos que não foram extraídos usando a *string* de busca, utilizando o Google Scholar para complementar as fontes de artigos. Uma visão completa dos repositórios utilizados podem ser visualizados na Figura 6.

Figura 6 – Repositórios utilizados.



Fonte: Elaboração própria.

Os repositórios foram divididos em quantidade e porcentagem aproximada, resultando no seguinte cenário, ACM Digital Library (103, 35.9), Scopus (123, 42.9), IEEE Digital Library (51, 17.8) e Google Scholar (10, 3.4). O repositório Scopus apresenta a maior quantidade de artigos, atribuída à sua integração mais ampla com a ferramenta Parsifal, o que facilitou a busca de artigos dentro dele quando comparado a outros repositórios.

3.2 Estratégia de pesquisa

Esta seção apresentará a estratégia de pesquisa adotada, a Subseção 3.2.1 vem detalhando a *string* de busca utilizada juntamente com seus termos. Enquanto a Subseção 3.2.2 apresenta os critérios de elegibilidade e exclusão aplicados a fim de extrair os melhores artigos. Por fim, a Subseção 3.3 apresenta como foi realizada a coleta de dados para a pesquisa.

3.2.1 String de busca

Para a criação da *string* de busca, foi utilizado os critérios de referência pelo modelo PICOC, descrito por (Keele *et al.*, 2007). A definições podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Modelo PICOC

Elemento	Descrição
População	AI, AIED, Tools, Algorithms, Education
Intervenção	Papers, Articles, Studies
Comparação	Não aplicável no contexto do estudo
Resultados	Frameworks, Tools, Algorithms, Guidelines, Techniques, Benefits
Contexto	Academic Studies, Artificial intelligence in education, Tools, Software, Algorithms

Fonte: Elaboração própria.

Foi então criada uma *string* baseada nas informações do modelo PICOC, contendo as informações principais que eram desejáveis e adicionando outras. A *string* de busca consiste em uma estratégia de pesquisa organizada que utiliza as palavras chaves que devem ser pesquisadas nas bases de dados. Durante a pesquisa eletrônica e manual foram utilizadas palavras chave como "Artificial intelligence"(AI,deep learning,machine learning,models), "Algorithms"ou Tools, "Implementation", "Benefits", "Challenges", "Artificial intelligence in education", "Education"(learning,schooling,teaching) e seus sinônimos e abreviações. A fim de delimitar o escopo da busca, foram utilizadas palavras como "Papers"e "Researches"e seus sinônimos. As *strings* de busca desenvolvidas para serem utilizadas nos diversos repositórios de artigos podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – *Strings* de busca aplicadas.

Repositórios	String de busca.
ACM Digital Library	("Algorithms"OR "Artificial intelligence"OR "AI"OR "deep learning"OR "machine learning"OR "models"OR "Education"OR "learning"OR "schooling"OR "teaching"OR "Papers"OR "magazines"OR "Researches") AND ("Artificial intelligence in education"OR "AIED") AND ("Benefits"OR "Harms"OR "Problems"OR "Impacts"OR "Effects"OR "Tools"OR "instrument") AND ("Challenges"OR "Implementation"OR "Results"OR "effect"OR "result"OR "Techniques")
IEEE Digital Library	("Algorithms"OR "Artificial intelligence"OR "AI"OR "deep learning"OR "machine learning"OR "models"OR "Education"OR "learning"OR "schooling"OR "teaching"OR "Papers"OR "magazines"OR "Researches") AND ("Artificial intelligence in education"OR "AIED") AND ("Benefits"OR "Harms"OR "Problems"OR "Impacts"OR "Effects"OR "Tools"OR "instrument") AND ("Challenges"OR "Implementation"OR "Results"OR "effect"OR "result"OR "Techniques")
Scopus	("Algorithms"OR "Artificial intelligence"OR "AI"OR "deep learning"OR "machine learning"OR "models"OR "Education"OR "learning"OR "schooling"OR "teaching"OR "Papers"OR "magazines"OR "Researches") AND ("Artificial intelligence in education"OR "AIED") AND ("Benefits"OR "Harms"OR "Problems"OR "Impacts"OR "Effects"OR "Tools"OR "instrument") AND ("Challenges"OR "Implementation"OR "Results"OR "effect"OR "result"OR "Techniques")

Fonte: Elaboração própria.

3.2.2 Critérios de elegibilidade

Os critérios de elegibilidade utilizados foram desenvolvidos para localizar os estudos que versam sobre a aplicação de ferramentas de inteligência artificial em um contexto educacional. Os critérios desenvolvidos podem ser observados nos Quadros 1 e 2 respectivamente.

3.3 Processo de coleta de dados

O processo de coleta dos dados pode ser dividido em diferentes fases. Primeiro foi realizada a pesquisa de artigos nas bases de dados selecionadas, realizando o salvamento de suas referências em um arquivo em formato "BibTeX" e então foi feita a importação dos arquivos para a ferramenta Parsifal. Todo o processo de coleta dos dados pode ser visto em sua íntegra, modelado com base no modelo PRISMA, na Figura 7. Com todos os artigos selecionados disponíveis, foi então realizada a remoção de duplicatas. Com isso foram removidos os artigos que não cumpriam os critérios de elegibilidade, se enquadraram nos critérios de exclusão ou não apresentavam texto completo disponível, baseados em seus títulos e resumos.

Em seguida, uma leitura completa dos artigos restantes foi conduzida para eliminar aqueles que não atendiam aos critérios estabelecidos. A técnica de *snowballing* foi então uti-

Quadro 1 – Critérios de elegibilidade.

Elegibilidade
Estudos que versam sobre AIED
Estudo que tratam da problemática da IA na educação
Estudos que versam sobre alguma ferramenta relevante ao estudo
Versam sobre benefícios sobre o uso da tecnologia de IA no contexto educacional
Estudos que versam sobre a aplicação de ferramentas de IA no contexto educacional

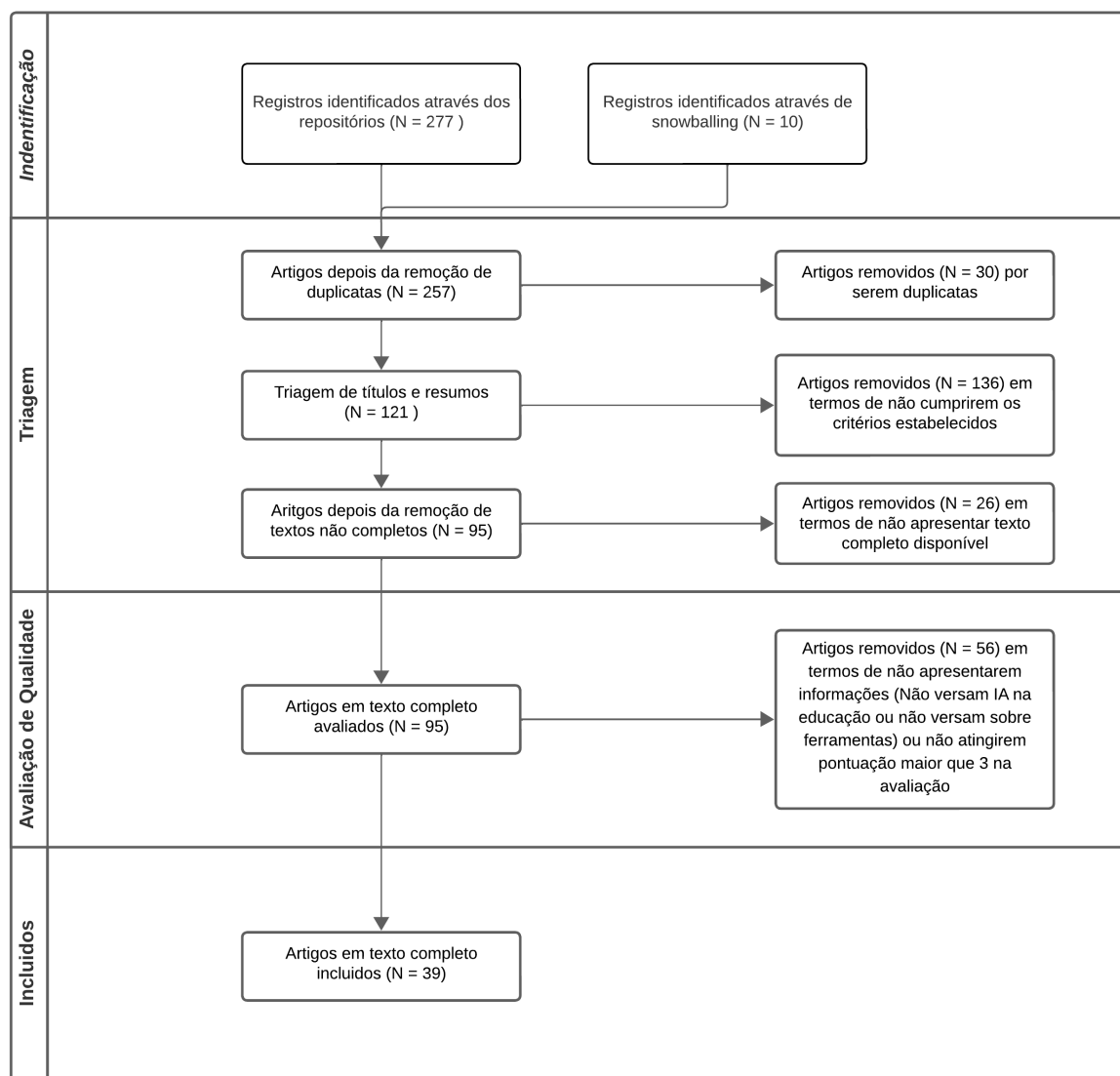
Fonte: Elaboração própria.

Quadro 2 – Critérios de exclusão.

Exclusão
Estudos anteriores a 2018
Estudos duplicados
Estudos menores que seis páginas
Estudos sobre educação que não envolvem IA
Estudos sobre IA que não envolvem educação
Não escrito em Inglês ou Português
Tecnologias fora do escopo da pesquisa
Tema fora do escopo da pesquisa
Trabalho não acadêmico

Fonte: Elaboração própria.

Figura 7 – Modelo PRISMA.



Fonte: Adaptado de (Page *et al.*, 2021a).

lizada na busca de artigos relacionados que estavam nas referências dos artigos selecionados, utilizando principalmente o Google Scholar. Com a leitura dos artigos concluída, foi utilizado uma funcionalidade disponível na ferramenta Parsifal, conhecida como *Quality Assessment* ou Avaliação de Qualidade, que permite atribuir uma pontuação aos artigos antes da extração de dados. Nesse contexto, seis perguntas foram definidas para avaliar a qualidade dos artigos selecionados.

1. Os estudo envolvem problemas e/ou desafios envolvendo a utilização das ferramentas de IA na educação?
2. Os estudos exemplificam quais áreas de aplicação as ferramentas baseadas em i.a estão

sendo utilizadas no contexto educacional?

3. O objetivo da pesquisa está claramente descrito?
4. Os autores descrevem as limitações de seus estudos?
5. Os estudos envolvem benefícios envolvendo a utilização de ferramentas baseadas em IA na educação?
6. Os estudos apresentam ferramentas sólidas para o uso de IA na educação?

Foram então definidas as respostas para essas perguntas entre, "Sim", "Não" e "Parcialmente". Atribuindo uma pontuação para cada resposta sendo respectivamente 1, 0 e 0.5. Totalizando seis pontos máximos quando todas as perguntas forem respondidas com "Sim". Para critérios de inclusão, foram definidos que apenas artigos com pontuação maior que três pontos seriam incluídos na pesquisa. Uma relação completa das pontuações podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Relação de pontuação.

Intervalo(Pontuação)	Frequencia
0 a 1	20
1 a 2	10
2 a 3	26
3 a 4	4
4 a 5	11
5 a 6	24
Total:	95

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos artigos foi pontuada nos intervalos de 2 a 3 (26, 27.4%), 5 a 6 (24, 25.3%) e 0 a 1 (20, 21.05%). Seguindo os critérios de inclusão definidos, foram selecionados 39 (Aproximadamente 13.58% do conjunto original) artigos para esta pesquisa. Posteriormente, os artigos selecionados foram submetidos a um processo de extração de dados, que envolveu novamente uma leitura completa de cada um deles com o objetivo de identificar informações pertinentes ao escopo do estudo. Para esse fim, foi desenvolvido e utilizado um formulário de extração de dados composto por três campos específicos destinados a capturar as informações relevantes.

1. Benefícios do uso de ferramentas de IA no contexto educacional.
2. Ferramentas que são utilizadas na aplicação de IA na educação.
3. Áreas de aplicação onde são utilizadas as IAs.

Durante a fase de extração, foram examinados os conteúdos dos artigos, buscando-se identificar dados cruciais e descobertas relevantes para a pesquisa. Cada campo do formulário foi preenchido com as informações pertinentes. O formulário foi então armazenado e convertido em uma planilha em formato "xls"¹. Por fim, as planilhas foram preparadas para o processo de análise e interpretação das informações relevantes vindas dos artigos que passaram pelo processo de seleção.

¹ <https://chromewebstore.google.com/detail/xls-editor/iobjaooppmgjlgomfpaohhncpfjpigaf?hl=pt-BR>

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão abordados os resultados encontrados durante a pesquisa, Na Seção 4.1 serão analisados os dados extraídos dos artigos, de forma quantitativa e qualitativa. As Seções 4.2, 4.3 e 4.4 tem o objetivo de responder às perguntas de pesquisa levantadas, com base nos dados levantados. Por fim, na Seção 4.5 serão discutidos os resultados encontrados durante a pesquisa.

4.1 Análise dos dados

Dentre os 39 artigos analisados, 14 (35.9%) são artigos que foram publicados em 2023, 9 (23,07%) são de 2022, 7 (17.9%) foram de 2021, 4 (10.25%) foram publicados em 2020 e 5 (12,82%) são de 2019. Os dados mostram que houve um crescimento aproximado de 55% taxa de crescimento percentual¹ de pesquisas publicadas entre o ano de 2022 e 2023, e uma taxa de crescimento de aproximadamente 28% entre os anos de 2022 e 2021. A distribuição dos artigos por ano, conforme ilustrado na Figura 8, revela o constante crescimento das publicações na área de estudo que envolve Inteligência Artificial e educação, evidenciando sua natureza recente e relevância atual.

Figura 8 – Relação frequência para ano.

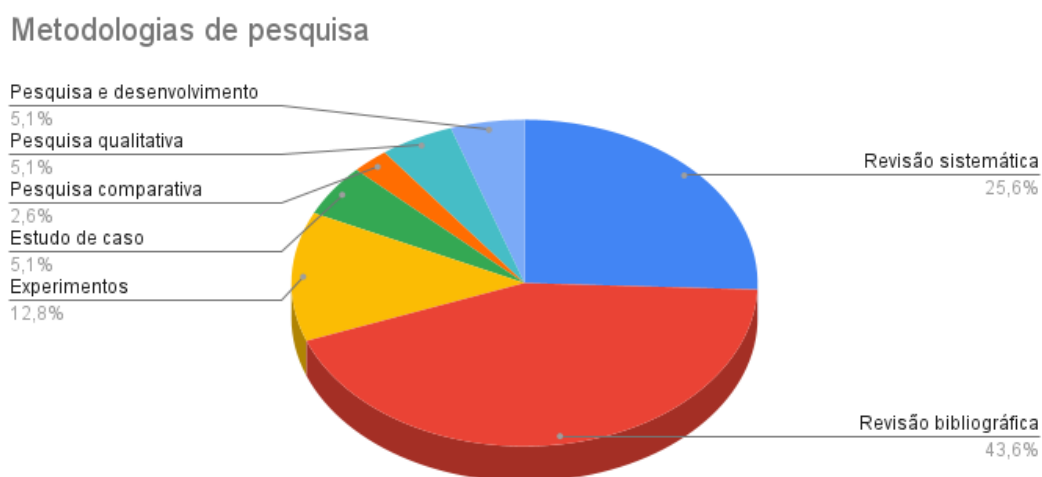


Fonte: Elaboração própria.

¹ Taxa de crescimento (%) = $((V2 - V1) / V1) \times 100$, onde V1 é o valor inicial e V2 o valor final.

Levando em consideração as metodologias de pesquisa dos artigos levantados, os mesmos foram distribuídos da seguinte forma, 17 (43.6%) são revisões bibliográficas da literatura, 10 (25,6%) são revisões sistemáticas da literatura, 7 (12.8%) são trabalhos demonstrando experimentos realizados, 2 (5.1%) foram estudos de caso aplicados, 2 (5.1%) são pesquisas qualitativas, 2 (5.1%) foram classificados como pesquisa e desenvolvimento e apenas 1 (2.6%) foi relatada uma pesquisa comparativa. A maioria dos artigos (69.2%) são revisões bibliográficas (43.6%) ou revisões sistemáticas da literatura (25.6%). Isso sugere uma tendência da literatura em resumir e analisar o conhecimento existente sobre os tópicos em questão. Uma visão geral das metodologias levantadas pode ser observado de acordo com a Figura 9.

Figura 9 – Metodologias de pesquisa.

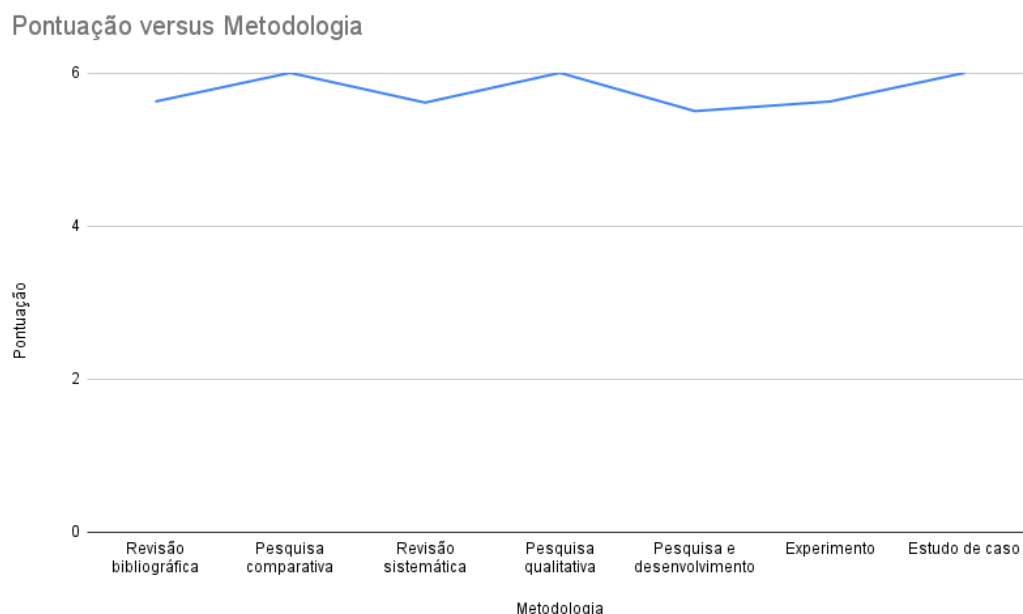


Fonte: Elaboração própria.

Durante o processo de análise de qualidade definido na Seção 3.3, uma pontuação foi definida para cada artigo revisado. Os artigos que passaram as fases de seleção tiveram as maiores notas, então a pontuação média de cada artigo por metodologia de pesquisa identificada pode ser analisada da seguinte forma. As revisões sistemáticas da literatura tiveram uma média de pontos de 5.45. Enquanto as revisões bibliográficas apresentaram uma média de 5.52 devido a maior quantidade de artigos nesta categoria. Os experimentos e estudos de caso tiveram uma média de 5,3 e 5 respectivamente. Por fim, as pesquisas qualitativas, comparativas e de desenvolvimento, tiveram uma média de 6, 6 e 5.5 respectivamente, essas classificações tiveram poucas instâncias, então suas médias refletem suas pontuações individuais. A Figura 10 representa as médias obtidas.

A Figura 10 demonstra uma divisão bem igualitária nas médias das pontuações obtidas, com base nas metodologias aplicadas, ficando bem próximo do valor máximo de 6. Demonstrando que o tipo de pesquisa que foram desenvolvidas, não afetam de forma negativa a qualidade dos resultados obtidos.

Figura 10 – Pontuação versus Metodologias de pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

Dos artigos que passaram pelo processo de seleção, apenas 2 (5.1%) foram escritos em língua Portuguesa, enquanto 37 (94.9%) foram escritos em língua Inglesa, isso se dá devido a maior quantidade dos artigos em língua inglesa nos repositórios, e durante o planejamento da pesquisa, foi decidido o uso de uma *string* de busca completamente em inglês, a fim de aumentar o escopo da procura nos repositórios. Os artigos em português foram frutos do processo de *snowballing* de alguns artigos levantados. A Figura 11 apresenta uma visualização das frequências.

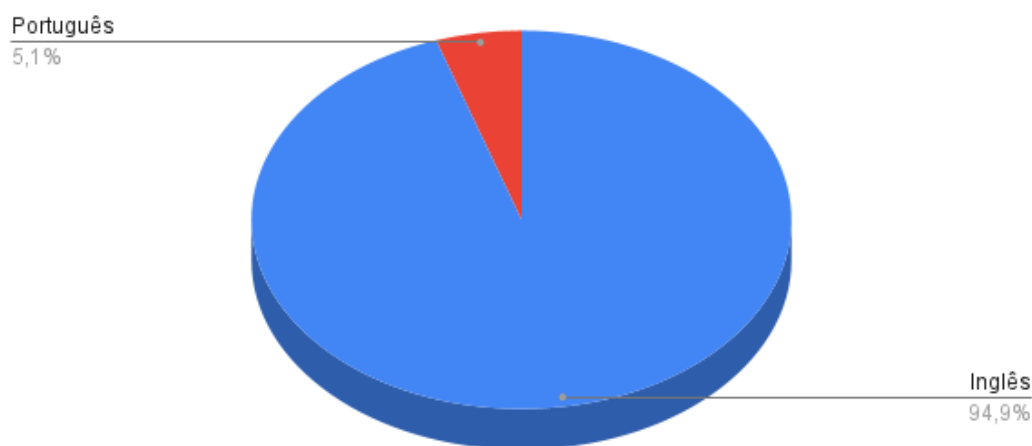
4.2 RQ1: Quais são as ferramentas mais comuns utilizadas na aplicação da inteligência artificial na educação?

Para responder esta pergunta de pesquisa e as perguntas subsequentes, é necessário levar em consideração o que foi identificado como ferramentas baseadas em IA. Durante esta pesquisa, as ferramentas foram categorizadas em dois conceitos distintos: *softwares* (plataformas, sites e aplicativos) e modelos (algoritmos e sistemas generalistas). Neste contexto, foram identificadas um total de 44 instâncias de *softwares* e 28 instâncias de modelos, com outros tipos de dados também coletados. Visto de forma mais aprofundados nas Subseções 4.2.1 e 4.2.2 respectivamente.

Para as ferramentas classificadas como *softwares*, foram registrados os seguintes dados: área de atuação da ferramenta, fontes dos artigos de onde as informações foram extraídas, uma breve descrição do *software*, sua frequência de citação nas pesquisas analisadas, e seu

Figura 11 – Porcentagem de artigos por língua original.

Porcentagem de artigos por língua



Fonte: Elaboração própria.

status como uma ferramenta de uso aberto ou proprietário. Por outro lado, para as ferramentas classificadas como modelos, foram registrados os tipos de modelos, as fontes dos artigos citados, sua frequência de citação e a área de aplicação correspondente.

4.2.1 *Softwares e plataformas*

Como dito na Seção 4.2, serão considerados nesta classificação, *softwares* ou plataformas desenvolvidas com o objetivo puramente educacional. Neste contexto, aplicar a inteligência artificial permeia uma ampla gama de *softwares* e plataformas, desempenhando papéis diversos em diferentes atividades. Durante a revisão sistemática, foi observada uma notável diversidade de ferramentas que incorporam IA em seus processos, detalhadas no Apêndice A. Entre essas ferramentas, algumas se destacam pela frequência com que são citadas nos artigos analisados, conforme apresentado na Tabela 4.

A ferramenta que apresenta a maior frequência de citações entre os artigos é o ChatGPT, sendo citado em seis artigos diferentes, como uma ferramenta educacional aplicada. Segundo (Ali; Naeem; Bhatti, 2020) o ChatGPT é um processador de linguagem natural desenvolvido pela empresa OpenAI ², que tem sido recentemente adaptado para contextos educacionais, sendo considerado uma das novas tecnologias emergentes nesse campo de estudo. O elevado número de citações atribuídas ao ChatGPT é resultado das suas capacidades, como evidenciado por (Sakib; Anik; Li, 2023) em sua revisão bibliográfica aplicada à área de educação em TI. Sua

² <https://openai.com/>

Tabela 4 – Principais ferramentas classificadas por frequência.

Nome	Frequência	Citações
ChatGPT	7	(Kamalov; Calonge; Gurrib, 2023), (Sakib; Anik; Li, 2023), (Rajabi <i>et al.</i> , 2023), (Rawas, 2023), (Prather <i>et al.</i> , 2023), (Malinka <i>et al.</i> , 2023), (Allam <i>et al.</i> , 2023)
Khan Academy	3	(Bhimdiwala; Neri; Gomez, 2021), (Filgueiras, 2023) (Gatti <i>et al.</i> , 2019)
Cognii	2	(Chen; Xie; Hwang, 2020), (Owoc; Sawicka; Weichbroth, 2019)
Duolingo	2	(Huang; Saleh; Liu, 2021), (Hockly, 2023)

Fonte: Elaboração própria.

análise revela que essa ferramenta possui habilidades avançadas de automação, promove um aprendizado mais imersivo e estimula a criatividade dos estudantes, entre outras.

De acordo com (Allam *et al.*, 2023), o ChatGPT oferece uma ampla gama de funcionalidades que podem ser aplicadas na educação. Essas incluem assistência com lição de casa, auxílio na aprendizagem de línguas, facilitação da pesquisa e obtenção de informações, suporte na escrita e redação, e preparação para exames. Essas capacidades destacam a versatilidade e utilidade do ChatGPT como uma ferramenta educacional multifacetada.

Durante sua pesquisa qualitativa (Rajabi *et al.*, 2023) realizou entrevistas online sobre o tema de aplicação do ChatGPT em contextos educacionais. Os participantes expressaram entusiasmo com as oportunidades que o ChatGPT apresenta para *feedback* e suporte personalizados, bem como preocupações sobre questões como plágio, métodos de avaliação e o uso apropriado do ChatGPT. (Rawas, 2023) em sua revisão, demonstra também o paradigma que o ChatGPT apresenta uma oportunidade significativa para as instituições melhorarem a qualidade do ensino e a acessibilidade no ensino superior, mas a sua implementação requer um planejamento cuidadoso, avaliação de potenciais dificuldades e consideração de implicações éticas.

Por outro lado, a Khan Academy ³ é uma plataforma educacional online amplamente utilizada em todo o mundo, com o propósito de complementar instruções acadêmicas. Ela utiliza dados dos usuários e os processa por meio de algoritmos de aprendizado de máquina para prever as necessidades de conhecimento de cada usuário de forma única e personalizada. De acordo com a pesquisa de (Bhimdiwala; Neri; Gomez, 2021), essa plataforma exemplifica como a interação entre AIED e o ambiente educacional pode gerar resultados tanto positivos quanto negativos, devido a fatores como o conhecimento tecnológico de professores e alunos,

³ <https://pt.khanacademy.org/>

acesso à tecnologia, formação de professores, entre outros. Para (Gatti *et al.*, 2019) plataformas como a Khan Academy possibilitam a o melhor acompanhamento do progresso de uma grande quantidade de alunos a facilitação de localização de lacunas de conhecimento pelos estudantes, pois representa uma forma de "educação baseada em dados".

A Cognii ⁴ consiste em um assistente virtual com um grande foco educacional, trabalhando principalmente com IAs conversacionais que interagem com os usuários por meio de conversas ou comandos. Segundo (Owoc; Sawicka; Weichbroth, 2019) a tecnologia aplicada a Cognii tem a capacidade de proporcionar um *feedback* do desempenho dos alunos em tempo real, podem realizar uma tutoria personalizada e única e uma experiência customizável para cada usuário. A Cognii pode ser aplicada em diferentes níveis educacionais, variando entre jardim de infância, educação superior e treinamento corporativo (Chen; Xie; Hwang, 2020).

O Duolingo ⁵ é uma plataforma desenvolvida para ajudar o aprendizado de uma grande quantidade de línguas, utilizando técnicas baseadas em jogos para ensinar os padrões de linguagem. O Duolingo faz a aplicação da IA por meio do reconhecimento de padrões de fala dos usuários, a tecnologia tem avançado bastante nos últimos anos, principalmente com o advento de modelos de aprendizado profundo, aumentando a sofisticação do reconhecimento de padrões (Hockly, 2023). O Duolingo tem a capacidade de oferecer formas de aprendizado customizado para cada usuário, incentivando o aprendizado espontâneo que pode ser realizado quando o usuário desejar (Huang; Saleh; Liu, 2021).

Outras ferramentas identificadas foram brevemente citadas nos artigos revisados, sendo mencionadas apenas uma vez. No entanto, é relevante destacar algumas delas. Por exemplo, as ferramentas de IA generativa, como Stable Diffusion, DALL-E-2 e Midjourney, foram mencionadas por (Kamalov; Calonge; Gurrib, 2023). Essas ferramentas se concentram na geração de imagens a partir de texto e têm potencial para aprimorar a aprendizagem dos alunos. Ferramentas mais direcionadas ao aprendizado de idiomas, como o MyEnglishLab (Pearson), uma plataforma online projetada para fornecer um curso completo de inglês. Utilizando técnicas de inteligência artificial, oferece *feedback* instantâneo com base na resposta do aluno em diversas atividades, incluindo produção textual, interpretação, compreensão de áudio e vídeo, além de expressão oral (Delgado *et al.*, 2020).

Por fim, é relevante destacar que, durante o desenvolvimento da pesquisa, foram coletados dados significativos sobre a disponibilidade dessas ferramentas. Os dados revelam que, das 44 ferramentas analisadas, apenas 7 (15.9%) são consideradas proprietárias, o que significa que não são acessíveis ao público em geral ou são resultado de experimentações específicas. Enquanto isso, 37 (84.1%) são consideradas de código aberto para uso pelo público em geral, englobando plataformas online, *softwares* locais e aplicativos para celular. A Figura 12 ilustra as porcentagens

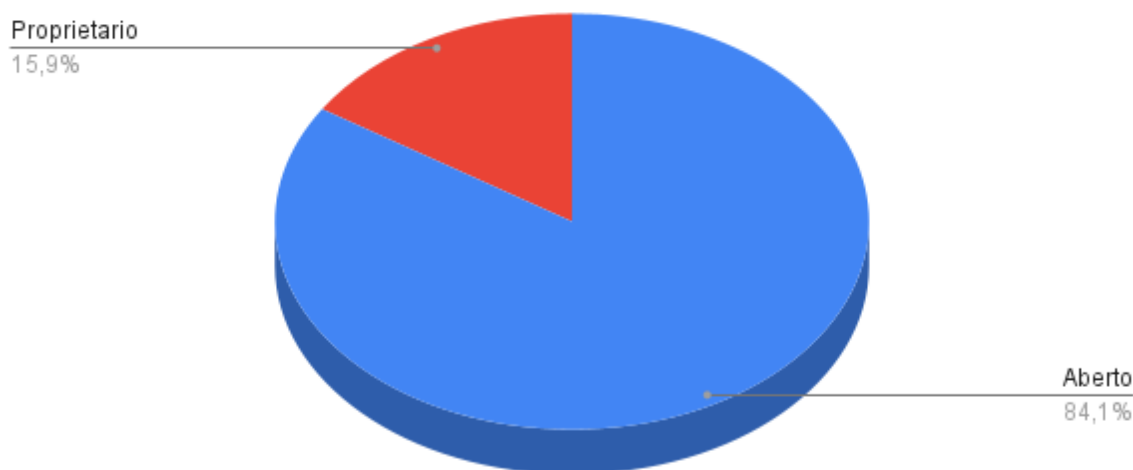
⁴ <https://www.cognii.com/>

⁵ <https://pt.duolingo.com/>

contabilizadas.

Figura 12 – Disponibilidades das ferramentas.

Contagem de Status



Fonte: Elaboração própria.

4.2.2 Modelos e algoritmos

Diversos modelos e algoritmos foram identificados durante a análise dos artigos, os mesmo podem ou são aplicados em algum nível nas ferramentas vistas na Subseção 4.2.1 ou podem ser aplicados de forma isolada para experimentações e caso específico pontuais. Para facilitar o entendimento, eles foram agrupados e classificados com base em suas descrições individuais encontradas nos textos. Para esta pesquisa, os modelos e algoritmos foram categorizados em sete grupos.

- a) Aprendizado de máquina clássico
- b) Aprendizado profundo
- c) IAs generativas
- d) Redes Bayesianas
- e) RNAs
- f) Processamento de linguagem natural
- g) ITS

Essa classificação visa fornecer uma estrutura organizada para análise e compreensão das técnicas e abordagens discutidas nos artigos revisados. Dentre as diferentes instâncias de

modelos identificados no Apêndice B, alguns se destacam por meio da quantidade de vezes que são citados, como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 – Principais algoritmos e modelos.

Nome	Frequência	Citações
Aprendizado de máquina clássico	17	(Sekeroglu; Dimililer; Tuncal, 2019), (Ezzaim <i>et al.</i> , 2023), (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022), (Zawacki-Richter <i>et al.</i> , 2019), (Zhai <i>et al.</i> , 2021), (Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Zafari <i>et al.</i> , 2022), (Chen <i>et al.</i> , 2020),
RNAs	11	(Sekeroglu; Dimililer; Tuncal, 2019), (Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Silva <i>et al.</i> , 2023), (Ezzaim <i>et al.</i> , 2023), (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022), (Zawacki-Richter <i>et al.</i> , 2019), (Zhai <i>et al.</i> , 2021)
ITS	9	(Zafari <i>et al.</i> , 2022), (Chen <i>et al.</i> , 2020), (Zawacki-Richter <i>et al.</i> , 2019), (Kabudi, 2022), (Ezzaim <i>et al.</i> , 2023), (Ouyang; Jiao; Alavi, 2020), (Bezerra; Durães; Novais, 2022), (Xu; Ouyang, 2022)
IAs generativas	6	(Ezzaim <i>et al.</i> , 2023), (Hockly, 2023), (Rajabi <i>et al.</i> , 2023), (Prather <i>et al.</i> , 2023)
Redes Bayesianas	5	(Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Zhai <i>et al.</i> , 2021), (Ezzaim <i>et al.</i> , 2023), (Chen <i>et al.</i> , 2020), (Chiu; Tseng, 2021)
Processamento de linguagem natural	5	(Schlippe; Sawatzki, 2022), (Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Zhai <i>et al.</i> , 2021), (Chen <i>et al.</i> , 2020), (Das <i>et al.</i> , 2021)
Aprendizado profundo	4	(Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Zafari <i>et al.</i> , 2022), (Das <i>et al.</i> , 2021), (Ezzaim <i>et al.</i> , 2023)

Fonte: Elaboração própria.

4.2.2.1 Aprendizado de máquina clássico

Aprendizado de máquina é um campo da inteligência artificial que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitem aos computadores aprender a partir de dados e realizar tarefas específicas (Zawacki-Richter *et al.*, 2019). Os modelos e algoritmos mais frequentemente mencionados representam os pilares fundamentais do aprendizado de máquina, sendo amplamente empregados na execução de tarefas complexas. No experimento conduzido por (Sekeroglu; Dimililer; Tuncal, 2019), foram adotadas implementações de algoritmos emblemáticos, como o SRV, LSTM e BP, com o propósito de predição e classificação a partir de dados educacionais. Este estudo demonstrou a viabilidade desses algoritmos, mas os resultados podem variar dependendo do contexto aplicado.

Apesar de serem considerados algoritmos mais antigos, métodos como árvores de decisão, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbor e Naive Bayes ainda desempenham papéis fundamentais no campo do aprendizado de máquina, comumente utilizados em diversos cenários, especialmente na área educacional. Essas técnicas são aplicadas de forma rotineira em uma variedade de tarefas, abrangendo desde a realização de previsões de desempenho dos estudos até a categorização de gostos de estudantes e agrupamento de dados dos mesmos (Ezzaim *et al.*, 2023), (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022). Esses algoritmos são frequentemente submetidos a extensos experimentos comparativos, visando identificar aqueles que oferecem as melhores respostas para um determinado problema. Além disso, esses estudos investigam como a mudança do contexto de aplicação pode impactar o desempenho de cada algoritmo (Ezzaim *et al.*, 2023).

4.2.2.2 Redes neurais artificiais

Redes neurais é um termo mais genérico e abrange uma variedade de modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano. Para (Zafari *et al.*, 2022) as ANNs são os algoritmos muito famosos no campo de AIED, sendo aplicados em diversas tarefas com esse foco, ainda apresentando uma performance considerável nas mesmas. Salienta também em sua revisão sistemática, que um algoritmo ANN teve um grande desempenho em tarefas focadas nas categorias de ensino e comportamento.

Outro algoritmo baseado em RNAs a ser destacado são as CNNs. Segundo (Silva *et al.*, 2023) as CNNs são compostas por uma série de camadas organizadas em diferentes níveis de complexidade, que recebem dados de entrada e os transformam em um conjunto específico de características como resultado. Ainda segundo (Silva *et al.*, 2023), em seu estudo foi levantado vários estudos aplicando as CNNs para detecção facial, reconhecimento de alunos e reconhecimento de escrita. Em seu experimento, (Das *et al.*, 2021) propuseram um modelo que integra CNNs, tecnologias de visão computacional e processamento de linguagem natural. O objetivo foi investigar se o modelo poderia ser eficaz no teste de reconhecimento de imagens para crianças em idade pré-escolar. O teste foi conduzido para validar a viabilidade do modelo em atividades educacionais, como avaliar automaticamente a capacidade de contagem, o entendimento de cores e o reconhecimento de objetos e formas pela criança.

4.2.2.3 Modelos de tutoria inteligente

A tecnologia ITS é um termo abrangente que remonta à década de 1970. Ela abarca uma gama de aplicações, as principais sendo tutores online inteligentes até sistemas de tutoria inteligentes que integram uma variedade de modelos e algoritmos. Estes algoritmos colaboram de maneira sinérgica para criar um ambiente de aprendizado dinâmico tanto para alunos quanto para professores, sem a intervenção humana direta (Zawacki-Richter *et al.*, 2019), (Zafari *et al.*, 2022). Como levando por (Zafari *et al.*, 2022) em sua revisão, os ITS são comumente aplicados principalmente para o ensino, mas estudos também reportam que podem ser benéficos para a

interpretação dos compartimentos dos estudantes e estudo da performance. Ainda podem exceder o âmbito de tutoria, sendo reportado a utilização de ITS em tarefas como atribuição de notas, engajamento dos estudantes e *feedback* de informações úteis.

Os ITS também podem ser descritos como soluções de alto custo-benefício na área de AIED, isto resulta no crescimento de implementação dos mesmos para a automação de tutoria, havendo um crescimento de desenvolvimento de algoritmos de ML para satisfazer as necessidades dos ITS (Chen *et al.*, 2020). Quando comparados aos tutores humanos, os ITS têm a vantagem de orientar os alunos com base nas suas necessidades e por seus níveis de progresso, utilizando dados coletados (Ouyang; Jiao; Alavi, 2020).

4.2.2.4 IAs generativas

IAs generativas ou LLMs referem-se a um tipo de tecnologia de inteligência artificial capaz de gerar conteúdo, como texto, imagens ou código, em resposta a solicitações ou entradas, sendo os principais exemplos de modelos são o GPT-3/3.5 e 4, Codex e Copilot (Prather *et al.*, 2023). Em seu estudo qualitativo (Rajabi *et al.*, 2023) realizou uma entrevista com 40 alunos, a fim de criar uma discussão se IAs generativas como o GPT-3, devem ser adotadas na educação superior. Os resultados do estudo são mistos, embora alguns participantes tenham reconhecido os benefícios potenciais dos IAs generativas (GPT-3) no fornecimento de apoio acadêmico e na melhoria das experiências de aprendizagem, outros expressaram preocupações sobre a integridade acadêmica, a preparação para o trabalho e o potencial impacto negativo no pensamento crítico e na comunicação com os instrutores.

Em sua pesquisa (Prather *et al.*, 2023) descreve como as LLMs podem ser usadas para gerar exercícios de programação, objetivos de aprendizagem e materiais de ensino, economizando potencialmente o tempo dos instrutores na criação de conteúdo. Sugere também que os educadores devem considerar as considerações de design para ferramentas generativas de IA para mitigar riscos e maximizar benefícios para programadores novatos.

4.2.2.5 Redes Bayesianas

Redes Bayesianas são um tipo de modelo gráfico probabilístico que utiliza inferência Bayesiana para cálculos de probabilidade. As redes Bayesianas são utilizadas para previsão, diagnóstico, raciocínio e tomada de decisão em situações de incerteza (Chiu; Tseng, 2021). Sendo uma das técnicas de IA mais utilizadas para sistemas de aprendizagem adaptativos (Ezzaim *et al.*, 2023). Em sua revisão sistemática (Chen *et al.*, 2020) mostra que as redes Bayesianas são as mais comuns utilizadas na educação. Pesquisadores estão constantemente utilizando redes Bayesianas no contexto educacional como por exemplo, um modelo proposto por pesquisadores, eles propuseram o modelo de redes Bayesianas para detectar estilos de aprendizagem dos alunos. O estudo reportado demonstrou a eficácia do modelo Bayesiano proposto na detecção dos estilos

de aprendizagem dos alunos. Ainda segundo (Chen *et al.*, 2020), as redes Bayesianas também são aplicadas em citações relacionadas a mineração de dados educacionais.

O experimento de (Chiu; Tseng, 2021) apresenta um sistema de gestão do estado de aprendizagem baseado em redes de classificação Bayesianas, aplicado a uma sala de aula inteligente. Nos experimentos, a precisão do sistema foi avaliada em comparação com a avaliação manual feita por observadores humanos. O estudo demonstrou que o sistema proposto é capaz de determinar com precisão o estado de aprendizagem dos alunos e contribuir para manter sua atenção durante as aulas, sugerindo que pode ser uma ferramenta eficaz para melhorar a gestão da sala de aula.

4.2.2.6 Modelos de processamento de linguagem natural

O Processamento de Linguagem Natural é um campo da inteligência artificial que se concentra na interação entre computadores e a linguagem humana. Ele envolve o desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem que os computadores compreendem, interpretam e respondem à linguagem humana (Ouyang; Dinh; Xu, 2023). No experimento conduzido por (Schlippe; Sawatzki, 2022) os autores realizam a experimentação de um sistema de tutoria de inteligência artificial conversacional interativa em várias línguas, focado na preparação para exames de linguística. Os modelos de processamento de linguagem natural mostraram melhor desempenho em comparação com avaliadores humanos na classificação de respostas, demonstrando a eficácia desses modelos em programas de treinamento interativos para preparação para exames.

Como mencionado anteriormente, o estudo experimental conduzido por (Das *et al.*, 2021) explorou a aplicação de algoritmos de processamento de linguagem natural em conjunto com redes neurais. Esses algoritmos foram empregados principalmente em tarefas como modelagem de linguagem, tradução automática e resposta a perguntas. A integração desses algoritmos com redes neurais convolucionais, que desempenham uma parte significativa do processamento, permite que a NLP gere frases descritivas das imagens capturadas por meio de visão computacional. Isso evidencia a funcionalidade da NLP como um modelo viável para ambientes educacionais, demonstrando também a possibilidade de integração com outros modelos e algoritmos.

4.2.2.7 Aprendizado profundo

Aprendizado profundo ou *Deep learning* se refere a modelos e algoritmos com uma evolução de complexidade e profundidade quando comparados aos algoritmos de ML. Na aprendizagem profunda, devido à existência de vários níveis de abstração, os dados de entrada de cada nível são convertidos em uma forma mais abstrata como entrada para o próximo nível (Zafari *et al.*, 2022). Algoritmos e modelos de aprendizagem profunda são cada vez mais pesquisados e desenvolvidos para realizar diversas tarefas relacionadas a educação, como identificar falhas e

problemas de aprendizagem nos alunos, automação de notas e cursos e reconhecimento facial na sala de aula (Ouyang; Dinh; Xu, 2023), (Ezzaim *et al.*, 2023). Vale ressaltar que alguns dos algoritmos listados anteriormente, utilizam aprendizado profundo para realizar suas atividades, como as redes neurais artificiais profundas e IAs generativas.

4.3 RQ2:Quais são as principais áreas de aplicação de ferramentas baseadas em inteligência artificial na educação?

Ao decorrer do desenvolvimento da pesquisa, identificaram-se várias áreas nas quais as ferramentas foram ou podem ser aplicadas. Durante o processo de revisão dos artigos, estas áreas foram classificadas em cinco categorias: a) Aprendizado adaptativo ou personalizado b) Avaliação automática c) Educação STEM d) Predição de desempenho e) Tutores inteligentes. As características e o escopo de cada classificação serão descritos nas seguintes subseções.

4.3.1 Aprendizado adaptativo ou personalizado

Durante a pesquisa, uma das aplicações mais comentadas para IAs na educação é a sua capacidade de oferecer plataformas e modelos que propiciam uma nova forma de aprendizado, uma forma de aprendizado mais pessoal e adaptada no usuário. Para (Huang; Saleh; Liu, 2021), o aprendizado adaptativo consiste na busca por eficácia, a aprendizagem adaptativa abraça uma síntese completa entre avaliação, instrução, assimilação e prática, englobando todos os elementos do processo educativo no intuito de otimizar o aprendizado dos estudantes. Ainda segundo (Huang; Saleh; Liu, 2021), no contexto educacional, o aprendizado adaptativo está ligado a conceitos como mineração de dados, sistemas de aprendizagem inteligente, dados analíticos dos estudantes e análise dos dados em tempo real, ou seja, no desenvolvimento de sistemas que suportem tal aprendizagem.

Em seu estudo de caso (Cheng; Wang, 2023) realizou a aplicação de um protótipo de sistemas de aprendizado adaptativo com foco pedagógico, o estudo de caso decorreu em uma escola em Hong Kong na China. Os resultados de seu estudo destacam o papel da adoção de plataformas de aprendizagem adaptativa como uma ferramenta para impulsionar o aprendizado dos alunos. A implementação bem-sucedida de plataformas de aprendizagem adaptativa requer uma mudança pedagógica de abordagens convencionais centradas no professor para estratégias mais centradas no aluno, o que pode melhorar substancialmente o envolvimento dos alunos e a qualidade dos resultados de aprendizagem.

De acordo com a pesquisa de (Ezzaim *et al.*, 2023) o aprendizado adaptativo baseado em IA é explorado em diversas áreas, abrangendo desde informática, ciências, idiomas, saúde, negócios, até habilidades interpessoais, entre outras, em busca de aprimorar constantemente a eficácia do processo educativo. Na parte do levantamento de dados quantitativos, os dados levantados demonstram que o aprendizado adaptativo é uma das principais tendências a serem

aplicadas no campo de AIED. A revisão de (Delgado *et al.*, 2020) foca principalmente nos sistemas adaptativos focados na aprendizagem de idiomas por estudantes, o autor analisa duas plataformas que são baseadas em aprendizagem adaptativa a *MyEnglishLab* e *SuccessMaker*, considerando os resultados e relatos de uso das aplicações válidas no contexto estabelecido.

Uma modelo experimental denominados AI-ALS foram analisadas por (Kabudi, 2022), os AI-ALS são ainda mais focados em personalização, tentando se adaptar da melhor forma possível aos usuários. Os AI-ALS foram concebido para abordar uma ampla gama de desafios encontrados em ambientes educacionais que fazem uso de tecnologias avançadas. Esses desafios englobam restrições de recursos, dificuldades dos alunos em alcançar e dominar suas habilidades de aprendizagem, diversidade nas habilidades de aprendizagem e origens dos estudantes. Os sistemas AI-ALS capacitam os alunos a iniciar suas próprias jornadas de aprendizagem por meio de ciclos automatizados.

Em seu trabalho (Zawacki-Richter *et al.*, 2019) realizou o levantamento e classificação das atividades que podem ser realizadas pelos sistemas adaptativos, os estudos demonstram que os mesmos podem ser divididos em cinco categorias de atuação.

1. **Ensinar o conteúdo:** Foi observado que as disciplinas que se beneficiam do uso de sistemas adaptativos de ensino são notavelmente diversificadas. Essa abordagem se estende desde o ensino de conceitos em computação, até cursos de biologia. A capacidade dos sistemas adaptativos de se adaptarem ao ritmo e estilo de aprendizagem de cada aluno torna-os uma ferramenta poderosa e versátil em contextos educacionais diversos.
2. **Recomendação de conteúdo personalizado:** Consiste em sistemas que oferecem uma experiência mais personalizada. Esses sistemas são projetados para se adaptar dinamicamente às necessidades individuais dos alunos, oferecendo uma variedade de materiais, conteúdos e exercícios cuidadosamente selecionados. Se baseando principalmente no comportamento do usuário atual.
3. **Ajudar professores a aprender:** Foram relatados sistemas adaptativos de análise com IA que devem ajudar os professores a definirem seus planos e estratégia pedagógica, a fim de diminuir a quantidade de tarefas repetitivas e otimizar o tempo dos profissionais.
4. **Usar dados acadêmicos para monitorar estudantes:** Uma das principais funcionalidades de um sistema adaptativos é a extração de dados do desempenho acadêmico dos alunos, estas informações são utilizadas para realizar diagnósticos, assistência ao aluno e ajudar os tutores a oferecer uma orientação pessoal mais proativa.
5. **Representação do conhecimento em mapas conceituais:** Os sistemas podem gerar mapas conceituais e instruções que podem ser utilizados pelos alunos para melhor entender determinado conteúdo de forma mais visual e simplificada.

4.3.2 Avaliação automática

Segundo (Ouyang; Dinh; Xu, 2023), a avaliação educacional, enquanto um método de coleta e análise de dados sobre o progresso da aprendizagem dos alunos, é frequentemente empregada no contexto da educação. Seu propósito é auxiliar os educadores a compreender o nível de aprendizagem dos alunos e a orientar suas decisões instrucionais. Existindo duas formas principais de avaliação, a primeira fase de avaliação que consiste na utilização uma metodologia ativa para oferecer um *feedback* constante sobre o progresso dos alunos ao longo do processo de aprendizado, enquanto a segunda fase de avaliação seria um resumo para realizar a avaliação final da aprendizagem dos alunos. Os dados coletados podem ser usados para automatizar essas atividades por meio de modelos e algoritmos de IA, como NLPs, Redes Bayesianas e técnicas clássicas de aprendizado de máquina.

(Xu; Ouyang, 2022) argumenta que os processos de automação de avaliações podem ser de grande ajuda para professores e alunos, não apenas para dar notas finais. Os autores exemplificam isso com a descrição de implementação de um sistema de avaliação utilizado em alunos iniciantes em programação, que demonstra capacidades de verificação sintática e estrutural, além de fornecer *feedback* imediato de forma automática, o que ajudava os alunos a desenvolverem suas habilidades de programação.

Os resultados do estudo conduzido por (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022), apontaram que a aplicação do Sistema de avaliação automáticas podem contribuir positivamente para aprimorar a habilidade de escrita dos estudantes. A inteligência artificial tem sido empregada no contexto do ensino superior online não apenas para avaliar de forma automática o desempenho e as habilidades de aprendizagem dos alunos, mas também para oferecer *feedback* imediato, promovendo assim uma maior autoconsciência e autorreflexão dos diferentes níveis de aprendizado entre os estudantes.

4.3.3 Educação STEM

A abordagem educacional STEM enfatiza a integração dos campos de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, visando capacitar os alunos com habilidades interdisciplinares através da resolução de problemas reais. Essa metodologia busca aprimorar o pensamento crítico e promover a colaboração, impulsionando a transição do modelo tradicional de ensino centrado no professor para uma abordagem mais participativa e centrada no aluno (Ouyang; Dinh; Xu, 2023).

Conforme (Xu; Ouyang, 2022), as principais formas de IA que são aplicadas na educação STEM são as associadas previsão da capacidade de aprendizagem de alunos utilizando algoritmos de IA, sistemas de tutoria inteligente para incentivar a aprendizagem customizada, sistemas para detectar o comportamento dos alunos e seus padrões de aprendizagem por meio de mineração de dados educacionais, automação de tarefas para avaliar o desempenho de alunos e seus resultados

e robôs educacionais com o foco em facilitar a experiência de aprendizagem dos alunos. (Ouyang; Dinh; Xu, 2023) em sua pesquisa, expõe que a principal função que a IA pode desempenhar na educação STEM seria a avaliação de desempenho acadêmico, cerca de 70% dos artigos levantados para sua pesquisa, versam de como a IA é aplicada para avaliar, por meio de sistemas de aprendizado profundo para avaliação formativa durante o processo de aprendizagem de um curso de programação ou avaliar os produtos finais e o desempenho dos alunos por meio de RNAs.

4.3.4 Predição

Esta área de aplicação é focada na predição do desempenho dos alunos, buscando saber de antemão como o desempenho de um aluno vai se comportar durante o processo de aprendizagem. A predição pode variar entre, predição de forma diagnóstica dos riscos de evasão escolar com base no comportamento, predição da performance geral do aluno com uso dos modelos de classificação para prever se os alunos teriam sucesso e previsão da satisfação do aluno, por meio da avaliação das percepções dos alunos (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022).

A pesquisa de (Xu; Ouyang, 2022), demonstra que foram utilizados algoritmos de inteligência artificial e técnicas de modelagem na área da educação STEM, com o intuito de auxiliar os instrutores na adaptação dos processos de ensino, prevendo o desempenho de aprendizagem dos alunos. Por exemplo, foram empregadas técnicas educacionais de mineração de dados e aprendizado de máquina, como árvores de decisão, em cursos de engenharia da computação para antecipar o desempenho final dos alunos com base em seu histórico acadêmico.

Em um experimento conduzido por (Sekeroglu; Dimililer; Tuncal, 2019), foram utilizados algoritmos de aprendizado de máquina como BP e SVR, com o foco na previsão e classificação de diversos tipos de dados educacionais por meio de algoritmos de aprendizado de máquina. A pesquisa revela que algoritmos de aprendizado de máquina podem prever ou classificar qualquer tipo de dado educacional, e os resultados podem ser aprimorados ao considerar diferentes métodos de seleção de dados e algoritmos de aprendizado de máquina.

4.3.5 Tutores inteligentes

Como visto na Subseção 4.2.2.3, os sistemas de tutores inteligentes são projetados para poderem ensinar alunos sem intervenção humana direta. Segundo (Zafari *et al.*, 2022), a maioria dos ITS são implementados com tecnologia de sistema especialista e modelos de computador correspondentes. Inclui subcategorias de tecnologia educacional que integram sistemas orientados a objetos, bancos de dados, comunicações e técnicas de IA, sendo amplamente utilizados em contextos de ensino matemáticos.

(Zawacki-Richter *et al.*, 2019) realizaram uma pesquisa classificando as principais atividades que um ITS pode desempenhar. Em sua análise, observou-se que esses sistemas

geralmente priorizam a entrega de conteúdo educacional aos alunos, simultaneamente oferecendo suporte por meio de *feedback* adaptativo e orientações para solucionar questões relacionadas ao material estudado. ITS são frequentemente concebidos como uma forma de comunicação unidirecional, na qual o computador transmite informações aos alunos, identificando lacunas em seu conhecimento e oferecendo informações para auxiliá-los.

Ainda segundo (Zawacki-Richter *et al.*, 2019), por meio de coleta e análise de dados por IA, esses dados possibilitam aos sistemas oferecerem sugestões específicas quanto ao conteúdo a ser lido, exercícios a serem realizados e até mesmo cursos de ação personalizados para professores. Em seu trabalho, foram relatadas pesquisas que propuseram uma abordagem para facilitar discussões de aprendizagem colaborativa online, enfatizando o incentivo de conversas academicamente produtivas. Por outro lado, pesquisas exploraram maneiras de aprimorar a escrita colaborativa, incluindo a provisão de *feedback* automatizado, geração de perguntas automáticas e análise do processo de escrita.

Para (Ezzaim *et al.*, 2023) um ITS podem ser divididos em quatro módulos diferentes, cada módulo apresenta um aspecto da tutoria a ser aplicado que deve estar disponível a alunos e professores, os módulos podem ser dividido em, módulos especialistas, módulos pedagógicos, módulos de aprendizado e módulos de comunicação. Os ITS também são utilizados para a entrega de atividades de forma personalizada para alunos, com base principalmente em seu desempenho e atividades que foram computados pelo sistema, a IA então analisa os dados e toma decisões para entregar a melhor atividade para cada aluno (Ouyang; Jiao; Alavi, 2020).

4.4 RQ3: Quais são os benefícios decorrentes do uso destas ferramentas de inteligência artificial na educação?

Como observado anteriormente, as aplicações das ferramentas de IA são diversas e abrangem uma ampla gama de áreas de atuação. Essas ferramentas não apenas proporcionam benefícios para os alunos e professores que as utilizam em seus contextos educacionais, mas também promovem uma transformação significativa na forma como o ensino e a aprendizagem são concebidos e conduzidos.

(Kamalov; Calonge; Gurrib, 2023) colabora com esta ideia, em seu estudo foram levantadas diversos benefícios de aplicação de IAs em diferentes contextos. O autor explica que a aplicação de sistemas de aprendizado personalizado pode trazer benefícios como oferecer a capacidade de estudantes de aprenderem a seu próprio tempo quando desejado, aumento de engajamento dos estudantes nas salas de aula, ajuda a resolver as diversas necessidades de aprendizagem individuais e específicas dos alunos, flexibilidade e maior acesso à educação, entre outros. Segundo (Zawacki-Richter *et al.*, 2019) os sistemas de aprendizado podem também ajudar os alunos a construir maior autoconsciência sobre temas complexos, utilizando mapeamento visual de informações que são geralmente suportados pelos sistemas.

(Sakib; Anik; Li, 2023) levanta informações interessantes sobre o uso de ferramentas como o ChatGPT podem ter diversos benefícios para alunos e professores, como o aumento no interesse dos alunos devido a maior imersividade da ferramenta, aumento no acesso a educação de qualidade já que não tem condições de uso, aumento da confiança dos alunos sobre o seu conhecimento e seus resultados, estimula a criatividade dos estudantes devido a maior interação, incentivar o aprendizado colaborativo entre alunos, aplicar caminhos de aprendizado personalizado, entre outros.

Outros benefícios levantados por (Owoc; Sawicka; Weichbroth, 2019) e (Zawacki-Richter *et al.*, 2019) são a capacidade de algumas ferramentas de IA em realizar a automação de notas que oferecem um *feedback* quase instantâneo por meio da análise das respostas obtidas e mostrar aos professores, podendo ajudar os professores a definir planos de ensino adaptados a cada aluno. Com ajuda de IAs os professores podem digitalizar algumas de suas atividades de sala de aula, como responder perguntas repetitivas, realizar introduções e postar anúncios a seus alunos. (Owoc; Sawicka; Weichbroth, 2019) também argumenta que professores devem lidar com alunos trapaceando, sistemas baseados em IA podem ajudar na identificação de trapagens de forma automática e garantir a autenticidade.

Conforme discutido por (Bezerra; Durães; Novais, 2022), as ferramentas de IA têm potencial para aprimorar a experiência na sala de aula, dando origem ao conceito de salas de aula inteligentes. Essas salas empregam uma variedade de tecnologias de IA e visão computacional para facilitar diversas atividades, como a estimativa do nível de fadiga dos alunos com base em seu engajamento ao longo do dia. Ao adentrar uma sala de aula inteligente, o aluno aciona o sistema que o reconhece e identifica. Em seguida, as informações pertinentes são encaminhadas ao sistema de inteligência ambiental que funciona com IA, que extrai dados do banco de dados sobre a agenda diária e outras atividades acadêmicas do aluno, esses dados podem ser observados por professores, para os mesmos definirem melhor suas atividades e metodologias.

Para (Ouyang; Zheng; Jiao, 2022) as ferramentas e recursos de inteligência artificial têm desempenhado um papel fundamental na elevação do desempenho acadêmico dos estudantes, ao aprimorar os ambientes e as experiências de aprendizagem. Essas ferramentas são capazes de recomendar materiais de estudo relevantes, além de oferecer *feedback* e avaliação automáticos durante o processo de aprendizagem online. (Xu; Ouyang, 2022) também acredita que benefícios como os impactos educacionais das tecnologias de IA no pensamento crítico dos alunos, como sua habilidade de resolver problemas, compreensão computacional e capacidade de aprendizado autônomo que foi confirmado por experimentos, como também, os efeitos na aprendizagem e comportamento dos estudantes em disciplinas STEM, por meio da utilização de técnicas de mineração de dados potencializadas pela inteligência artificial e métodos de análise de aprendizagem.

4.5 Discussão dos resultados

Os resultados do estudo revelam uma diversidade significativa de algoritmos, modelos e plataformas que empregam inteligência artificial em suas operações entre 2018 e 2023. Plataformas online notáveis, como Khan Academy, Cogii e Duolingo, são exemplos que têm seu foco principal em educação em seus desenvolvimentos. No entanto, é observável uma tendência emergente de plataformas que, embora não tenham sido inicialmente concebidas com propósitos educacionais centrais, como o ChatGPT, DALL-E-2 e Midjourney, estão rapidamente ganhando destaque no cenário educacional, devido às suas funcionalidades versáteis e adaptabilidade. É relevante ressaltar que uma parte significativa das plataformas e algoritmos catalogados neste estudo são de uso aberto e acessíveis ao público em geral.

Além disso, o estudo destaca como algoritmos clássicos de aprendizado de máquina, como Árvore de Decisão, Support Vector Machine e K-Nearest Neighbors, continuam a desempenhar papéis relevantes em diversos contextos apresentados. Mesmo com o avanço tecnológico e o surgimento de novas abordagens, esses métodos estabelecidos ainda demonstram eficácia e relevância em várias aplicações, se consolidando como uma das ferramentas mais utilizadas.

É crucial destacar também a relevância dos modelos de redes neurais em uma ampla gama de aplicações educacionais. Esses modelos, inspirados no funcionamento do cérebro humano, têm demonstrado um poder excepcional na análise e processamento de dados complexos, tornando-os ideais para lidar com os desafios encontrados no ambiente educacional. Os ITS também apresentam papel importante na tutoria automatizada de alunos por meio de algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo.

As áreas de aprendizado adaptativo, avaliações automáticas, educação STEM, predição e tutores inteligentes foram classificados como as principais áreas de atuação, cada um deles utilizando diferentes algoritmos e modelos como NLPs, ITS e outras técnicas de aprendizagem de máquina. Os resultados revelam uma atual busca no campo educacional por maior eficiência nas das atividades de ensino, maior personalização da aprendizagem de cada aluno, melhorar a confiança dos alunos sobre suas habilidades, analisar suas tendências, tentativas de prever comportamentos e resultados de seus alunos e oferecer *feedbacks* instantâneos sobre o progresso de alunos e professores.

Então, foram expostos diversos benefícios da aplicação das ferramentas de IA na educação, como aprimorar a experiência de alunos na sala de aula, mais eficiência por meio de automações, o incentivo a um ensino mais personalizado e resolução de necessidades individuais, melhorias no desenvolvimento da aprendizagem e autoconsciência, ajudar professores a se prepararem melhor para a sala de aula e a democratização da educação para todos. Essa abordagem evidencia o potencial significativo dessas tecnologias quando empregadas para aprimorar o processo educacional dos alunos e simplificar as tarefas dos professores. Ao integrar sistemas, modelos e

algoritmos avançados de inteligência artificial com metodologias educacionais, estas ferramentas representam uma promissora fronteira no campo da educação.

Por fim, os resultados de forma geral mostram como as ferramentas de IA tem um impacto significativo no ambiente educacional, e como a mesma está cada vez mais sendo implementada de forma constante e se desenvolvendo junto com as tecnologias disponíveis, mas sem excluir o que já foi desenvolvido.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, resumem-se as principais descobertas do estudo, apresentam-se as considerações finais acerca das atividades desenvolvidas na monografia, mostram-se as limitações enfrentadas durante a pesquisa e também levantar informações que podem informar e inspirar pesquisas subsequentes.

5.1 Contribuições

A condução de uma revisão sistemática da literatura entre os anos de 2018 e 2023 proporcionou uma análise aprofundada sobre o uso de ferramentas de Inteligência Artificial no contexto educacional. Ao revisar 39 estudos publicados durante esse período, este trabalho não apenas agregou um panorama abrangente das aplicações de IA na aprendizagem, mas também identificou tendências e contribuições significativas para o avanço do conhecimento nesta área.

Uma das principais contribuições deste estudo foi a identificação e classificação das principais ferramentas de IA aplicadas no campo da educação. Por meio de um levantamento meticuloso da literatura científica, foi possível mapear as ferramentas mais relevantes e suas respectivas aplicações, proporcionando uma visão geral sobre como a IA está sendo integrada no processo educativo.

Além disso, esta monografia também foi dedicada a classificar as principais áreas de atuação em que as ferramentas de IA estão sendo aplicadas na educação. Desde a personalização do ensino até a análise preditiva do desempenho dos alunos, foram identificados diversos domínios em que a IA está transformando a forma como se ensina. Além do mais, uma análise dos benefícios derivados da aplicação de IA foi realizada, destacando ganhos em eficiência das atividades de professores e alunos, personalização do ensino e melhoria dos resultados educacionais por meio de automação.

Ao consolidar os resultados encontrados na literatura, este estudo apresenta um relato abrangendo o estado atual do tema de ferramentas de IA e educação. Destacando tendências e oportunidades nesta área, este trabalho fornece uma base sólida para futuras pesquisas e iniciativas destinadas a explorar o potencial da IA para transformar a educação.

5.2 Limitações do estudo

A presente monografia foi conduzida com o objetivo de analisar quais e como são aplicadas as ferramentas baseadas em IA na educação, como também trazer à tona os benefícios de sua aplicação. No entanto, é importante reconhecer que há algumas limitações que podem

afetar a generalização e a interpretação dos resultados obtidos. A amostra utilizada neste estudo pode não ser representativa o suficiente da população em questão devido ao seu tamanho limitado. Isso pode afetar a generalização dos resultados para a população mais ampla. Este trabalho também não aborda de forma aprofundada os possíveis malefícios e desafios de implementação que podem surgir do uso de ferramentas de IA, um tema de importância significativa e que merece investigação aprofundada. É reconhecido que a discussão sobre os aspectos negativos e desafios éticos relacionados ao uso de IA é crucial para uma compreensão completa e equilibrada do impacto dessa tecnologia na educação.

A seleção das pesquisas participantes foi realizada através da metodologia de revisão sistemática. Mesmo que esta metodologia tenha o foco principal em facilitar a revisão e diminuir o viés de pesquisa, ainda é possível que esse método introduza algum viés na amostra, influenciando nos resultados do estudo. Outra limitação digna de nota é a restrição ao acesso de artigos *full-paper*. Dos 287 artigos inicialmente identificados, aproximadamente 26 (9.4%) tiveram que ser excluídos devido à falta de acesso. Esses artigos potencialmente poderiam conter dados cruciais para o desenvolvimento da pesquisa. Essa limitação ressalta a importância de políticas de acesso aberto e destaca a necessidade de abordar questões relacionadas à acessibilidade de recursos acadêmicos. Vale ressaltar que apenas uma pequena parte dos artigos levantados são escritos em português como sua língua original, uma investigação mais aprofundada no cenário local pode ser interessante para avaliar o estado da arte sobre o tema no Brasil.

5.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, podem ser levantadas três possibilidades importantes resultantes das limitações vistas na Seção 5.2.

1. Realização de uma revisão sistemática com objetivos perácidos, que incorpora uma maior quantidade de amostra de artigos, a fim de representar melhor ainda o cenário atual sobre o tema.
2. Realização de trabalho acadêmico focado em identificar ou medir quais os malefícios e/ou desafios de implementação que a aplicação da IA pode trazer para alunos, professores e o setor educacional de forma geral.
3. Realização de estudo ou revisão sistemática acerca da aplicação de ferramentas de IA, focando principalmente em publicações acadêmicas brasileiras.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, S. F. *et al.* Artificial intelligence and its role in education. **Sustainability**, v. 13, n. 22, 2021. ISSN 2071-1050. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/22/12902>>.
- ALI, M. Y.; NAEEM, S. B.; BHATTI, R. Artificial intelligence tools and perspectives of university librarians: An overview. **Business Information Review**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 37, n. 3, p. 116–124, 2020.
- ALLAM, H. *et al.* Artificial intelligence in education: an argument of chat-gpt use in education. In: IEEE. **2023 9th International Conference on Information Technology Trends (ITT)**. [S.l.], 2023. p. 151–156.
- ATALLAH, A. N.; CASTRO, A. A. Revisão sistemática da literatura e metanálise. **Medicina baseada em evidências: fundamentos da pesquisa clínica**. São Paulo: Lemos-Editorial, sn, p. 42–48, 1998.
- BEZERRA, R. M.; DURÃES, D.; NOVAIS, P. N. Survey for smart and adaptative education. In: **Proceedings of the 2022 5th International Conference on Education Technology Management**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 237–242.
- BHIMDIWALA, A.; NERI, R. C.; GOMEZ, L. M. Advancing the design and implementation of artificial intelligence in education through continuous improvement. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, Springer, p. 1–27, 2021.
- BOULAY, B. d. Inteligência artificial na educação e ética. **RE@ D–Revista de Educação a Distância e eLearning**, Universidade Aberta. LE@ D, p. e202301, 2023.
- CHAUDHRY, M. A.; KAZIM, E. Artificial intelligence in education (aied): A high-level academic and industry note 2021. **AI and Ethics**, Springer, p. 1–9, 2022.
- CHEN, L.; CHEN, P.; LIN, Z. Artificial intelligence in education: A review. **IEEE Access**, v. 8, p. 75264–75278, 2020.
- CHEN, X.; XIE, H.; HWANG, G.-J. A multi-perspective study on artificial intelligence in education: Grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, Elsevier, v. 1, p. 100005, 2020.
- CHEN, X. *et al.* Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, Elsevier, v. 1, p. 100002, 2020.
- CHEN, X. *et al.* Two decades of artificial intelligence in education: Contributors, collaborations, research topics, challenges, and future directions. **Educational Technology Society**, International Forum of Educational Technology Society, v. 25, n. 1, p. 28–47, 2022. ISSN 11763647, 14364522. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/48647028>>.
- CHENG, E. C. K.; WANG, T. Exploring pedagogies & strategies for integrating adaptive learning platforms: A case study of a high school in hong kong. In: **Proceedings of the 9th International Conference on Education and Training Technologies**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2023. (ICETT '23). ISBN 9781450399593. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3599640.3599648>>.

CHIU, C.-K.; TSENG, J. C. A bayesian classification network-based learning status management system in an intelligent classroom. **Educational Technology & Society**, JSTOR, v. 24, n. 3, p. 256–267, 2021.

CLARKE, J. What is a systematic review. **Evidence-Based Nursing**, Royal College of Nursing, v. 14, n. 3, p. 64–64, 2011.

DAS, B. *et al.* Can deep learning solve a preschool image understanding problem? **Neural Computing and Applications**, Springer, v. 33, n. 21, p. 14401–14411, 2021.

DELGADO, H. O. K. *et al.* Artificial intelligence adaptive learning tools: The teaching of english in focus. **BELT - Brazilian English Language Teaching Journal**, v. 11, p. e38749, 12 2020.

EZZAIM, A. *et al.* Ai-based adaptive learning: A systematic mapping of the literature. **Journal of Universal Computer Science**, Pensoft Publishers, v. 29, n. 10, p. 1161, 2023.

FILGUEIRAS, F. Artificial intelligence and education governance. **Education, Citizenship and Social Justice**, SAGE Publications Sage UK: London, England, p. 17461979231160674, 2023.

GATTI, F. N. *et al.* Educação básica e inteligência artificial: perspectivas, contribuições e desafios. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2019.

GREYSON, D. L. *et al.* Systematic review searches must be systematic, comprehensive, and transparent: a critique of perman *et al.* **BMC Public Health**, v. 19, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:61810835>>.

GUAN, C.; MOU, J.; JIANG, Z. Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. **International Journal of Innovation Studies**, v. 4, n. 4, p. 134–147, 2020. ISSN 2096-2487. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096248720300369>>.

HOCKLY, N. Artificial intelligence in english language teaching: The good, the bad and the ugly. **RELC Journal**, SAGE Publications Sage UK: London, England, p. 00336882231168504, 2023.

HUANG, J.; SALEH, S.; LIU, Y. A review on artificial intelligence in education. **Academic Journal of Interdisciplinary Studies**, v. 10, n. 3, 2021.

HWANG, G. jen *et al.* Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. **Comput. Educ. Artif. Intell.**, v. 1, p. 100001, 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226641270>>.

JONKER, J.; PENNINK, B. J. The essence of methodology. In: . [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:62549856>>.

KABUDI, T. M. Artificial intelligence for quality education: Successes and challenges for ai in meeting sdg4. In: SPRINGER. **International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries**. [S.l.], 2022. p. 347–362.

KAMALOV, F.; CALONGE, D. S.; GURRIB, I. New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. **Sustainability**, MDPI, v. 15, n. 16, p. 12451, 2023.

KEELE, S. *et al.* **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. [S.l.]: Technical report, ver. 2.3 ebse technical report. ebse, 2007.

- LAI, T. *et al.* Influence of artificial intelligence in education on adolescents' social adaptability: The mediatory role of social support. **Plos one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 18, n. 3, p. e0283170, 2023.
- LIEVERTZ, M. Artificial intelligence in education. **Artificial Intelligence and Machine Learning for Business for Non-Engineers**, CRC Press, p. 125, 2019.
- LINDBLOM, J.; ZIEMKE, T. Social situatedness of natural and artificial intelligence: vygotsky and beyond. **Adaptive Behavior**, v. 11, p. 79–96, 2003.
- LUCKIN, R.; HOLMES, W. Intelligence unleashed: An argument for ai in education. UCL Knowledge Lab, 2016.
- MALINKA, K. *et al.* On the educational impact of chatgpt: Is artificial intelligence ready to obtain a university degree? In: **Proceedings of the 2023 Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 47–53.
- NABI, W.; BANSAL, A.; XU, B. Applications of artificial intelligence and machine learning approaches in echocardiography. **Echocardiography**, v. 38, p. 982–992, 2021.
- OUYANG, F.; DINH, T. A.; XU, W. A systematic review of ai-driven educational assessment in stem education. **Journal for STEM Education Research**, Springer, v. 6, n. 3, p. 408–426, 2023.
- OUYANG, F.; JIAO, P.; ALAVI, A. H. Artificial intelligence-based smart engineering education. In: SPIE. **Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2020**. [S.l.], 2020. v. 11379, p. 59–65.
- OUYANG, F.; ZHENG, L.; JIAO, P. Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. **Education and Information Technologies**, Springer, v. 27, n. 6, p. 7893–7925, 2022.
- OWOC, M. L.; SAWICKA, A.; WEICHBROTH, P. Artificial intelligence technologies in education: benefits, challenges and strategies of implementation. In: SPRINGER. **IFIP International Workshop on Artificial Intelligence for Knowledge Management**. [S.l.], 2019. p. 37–58.
- PAGE, M. J. *et al.* The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, BMJ Publishing Group Ltd, v. 372, 2021. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>>.
- PAGE, M. J. *et al.* Prisma 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ**, BMJ Publishing Group Ltd, v. 372, 2021. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/372/bmj.n160>>.
- PARSIFAL. Perform systematic literature reviews. 2020.
- PRATHER, J. *et al.* The robots are here: Navigating the generative ai revolution in computing education. In: **Proceedings of the 2023 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 108–159.
- RAJABI, P. *et al.* Exploring chatgpt's impact on post-secondary education: A qualitative study. In: SIMON FRASER UNIVERSITY. **Western Canadian Conference on Computing Education (WCCCE'23)**, May 04–05, 2023. [S.l.], 2023.

RAWAS, S. Chatgpt: Empowering lifelong learning in the digital age of higher education. **Education and Information Technologies**, Springer, p. 1–14, 2023.

ROLL, I.; WYLIE, R. Evolution and revolution in artificial intelligence in education. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, Springer, v. 26, p. 582–599, 2016.

SAKIB, N.; ANIK, F. I.; LI, L. Chatgpt in it education ecosystem: Unraveling long-term impacts on job market, student learning, and ethical practices. In: **Proceedings of the 24th Annual Conference on Information Technology Education**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 73–78.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, SciELO Brasil, v. 11, p. 83–89, 2007.

SARKER, I. H. Ai-based modeling: Techniques, applications and research issues towards automation, intelligent and smart systems. **SN Computer Science**, Springer, v. 3, n. 2, p. 158, 2022.

SCHLIPPE, T.; SAWATZKI, J. Ai-based multilingual interactive exam preparation. In: SPRINGER. **Innovations in Learning and Technology for the Workplace and Higher Education: Proceedings of ‘The Learning Ideas Conference’2021**. [S.l.], 2022. p. 396–408.

SEKEROGLU, B.; DIMILILER, K.; TUNCAL, K. Student performance prediction and classification using machine learning algorithms. In: **Proceedings of the 2019 8th International Conference on Educational and Information Technology**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 7–11.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. **UFSC, Florianópolis, 4a. edição**, v. 123, 2005.

SILVA, L. C. e *et al.* Applications of convolutional neural networks in education: A systematic literature review. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, p. 120621, 2023.

STEFANOVIC, D. *et al.* Analysis of the tools to support systematic literature review in software engineering. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, IOP Publishing, v. 1163, n. 1, p. 012013, aug 2021. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1163/1/012013>>.

STRONG, A. Applications of artificial intelligence & associated technologies. **Science [ETEBMS-2016]**, v. 5, n. 6, 2016.

WALTERS, D. Computer vision analysis of boundary images. In: **Science of vision**. [S.l.]: Springer, 1990. p. 365–397.

WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de Pesquisa em Ciência da Computação**. 1a edição. ed. [S.l.]: Elsevier, 2009. ISBN 978-85-35235-22-7.

WOHLIN, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: **Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2014. (EASE '14). ISBN 9781450324762. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>>.

XU, W.; OUYANG, F. The application of ai technologies in stem education: a systematic review from 2011 to 2021. **International Journal of STEM Education**, SpringerOpen, v. 9, n. 1, p. 1–20, 2022.

ZAFARI, M. *et al.* Artificial intelligence applications in k-12 education: A systematic literature review. **IEEE Access**, IEEE, v. 10, p. 61905–61921, 2022.

ZAWACKI-RICHTER, O. *et al.* Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, SpringerOpen, v. 16, n. 1, p. 1–27, 2019.

ZHAI, X. *et al.* A review of artificial intelligence (ai) in education from 2010 to 2020. **Complexity**, Hindawi Limited, v. 2021, p. 1–18, 2021.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUADRO DE FERRAMENTAS LEVANTADAS

Nome	Área	Artigos citados	Descrição	Frequência	Status
ALEKS	Aprendizagem adaptativa;	A review on artificial intelligence in education;	Ferramenta Web baseada em sistema de avaliação e aprendizagem artificialmente inteligente	1	Aberto
BYJU'S	Aprendizagem adaptativa	A review on artificial intelligence in education;	Aplicativo de aprendizagem para IA no ensino Indiano	1	Aberto
Duolingo	Aprendizagem adaptativa para línguas	A review on artificial intelligence in education; Artificial Intelligence in English Language Teaching: The Good, the Bad and the Ugly	Plataforma que proporciona aprendizado multilíngue por meio do modo de jogo	2	Aberto
RealSkill	Avaliação de aprendizagem ;	A review on artificial intelligence in education;	Plataforma online que pode realizar pontuação inteligente, correção de frases, análise de comportamento, aulas intensivas	1	Aberto
E-rater	Avaliação de aprendizagem	A review on artificial intelligence in education;	O American Educational Testing Service (ETS) projetou e lançou uma ferramenta para avaliação automatizada de redações de alunos	1	Aberto
SoftBank Pepper humanoid robot	Robôs tutores inteligentes	A review on artificial intelligence in education;	Embaixador de IA em campus acadêmicos que forneceu comunicação multilíngue, cursos e serviços de consulta de informações de biblioteca	1	Proprietário
ChatGPT	IA generativa e chatbot	New Era of Artificial Intelligence in Education; ChatGPT in Education Ecosystem; Exploring ChatGPT's impact on post-secondary; ChatGPT: Empowering lifelong learning; The Robots are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education; Artificial Intelligence in Education: An Argument of Chat-GPT Use in Education	ChatGPT é uma IA generativa e chatbot de IA desenvolvido pela OpenAI	7	Aberto
Dall-E	IA generativa de imagens	New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution	Plataforma web de geração de imagens com base em texto	1	Aberto
Midjourney	IA generativa de imagens	New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution	Plataforma web de geração de imagens com base em texto	1	Aberto
Summarizer.org	Resumo de textos	New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution	Ferramenta de resumo de textos	1	Aberto
Synthesia	IA generativa de vídeos	New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution	Plataforma web de geração de vídeos com base em texto	1	Aberto
Elai.io	IA generativa de vídeos	New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution	Plataforma web de geração de vídeos com base em texto	1	Aberto
Amira	Ensino de literatura	A Multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers	Plataforma web para aplicação para crianças no jardim de infância	1	Aberto

Figura 13 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 1).

Carnegie Learning	Ensino de matemática	A Multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers	Carnegie Learning, um aplicativo com tecnologia de IA para ajudar os alunos a cultivar uma compreensão conceitual profunda da matemática	1	Aberto
DreamBox Learning	Ensino de matemática	A Multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers	DreamBox Learning é um aplicativo educacional baseado em IA voltado para alunos do ensino fundamental e médio	1	Aberto
Cognii	Assistente de aprendizado virtual	A Multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers; Artificial intelligence technologies in education: benefits, challenges and strategies of implementation;	Cognii é um fornecedor de inteligência artificial em virtude de assistentes virtuais que combinam os poderes da pedagogia conversacional com a tecnologia de IA conversacional	2	Aberto
GlobalEnglish	Aprendizado de línguas	A Multi-perspective study on Artificial Intelligence in Education: grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers	GlobalEnglish é uma aplicação baseada em aprendizado de máquina focada em ensinar inglês	1	Aberto
MyEnglishLab (Pearson)	Aprendizagem adaptativo-Linguagens	Artificial intelligence adaptive learning tools: the teaching of English in focus	MyEnglishLab é uma plataforma online desenvolvida para oferecer um curso de inglês completo com texto, áudio, vídeo e gravador de voz em um só lugar	1	Aberto
SuccessMaker (Savvas Learning Company).	Aprendizagem adaptativo-Linguagens	Artificial intelligence adaptive learning tools: the teaching of English in focus	SM propõe um currículo estruturado e abrangente de forma flexível e interativa	1	Aberto
Scarlet	IA de assistência por voz	The Integration of AI Voice Assistants in Education	É um assistente virtual para prestar serviços referentes às atividades do curso, como registro de dados e serviços da sessão	1	Aberto
LTKA-Bo	IA de assistência por voz	The Integration of AI Voice Assistants in Education	Assistente de Ensino Artificial proposto	1	Proprietário
Problem Pal	IA de assistência por voz	The Integration of AI Voice Assistants in Education	Proposta uma habilidade para a Alexa que permite aos professores gerar automaticamente conteúdo prático com comandos de voz.	1	Aberto
X5Learn	Recomendação de conteúdo	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature	Plataforma de recomendação que otimiza caminhos de aprendizagem com base nos interesses do aluno e oferece uma interface clara para a escolha de materiais educacionais	1	Aberto
OSCAR	Sistema de tutoria inteligente	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature	Um sistema de tutoria inteligente que conversa em linguagem natural para identificar o estilo de aprendizagem preferido do aluno e utilizá-lo para adaptar dinamicamente às sessões de tutoria.	1	Aberto
SOPHIE	Sistemas	A Comparison of the Application of		1	Proprietário

Figura 14 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 2).

	especialista	Artificial Intelligence in the Educational System	Modelo de Ambiente Instrucional		
SCHOLAR	Sistema especialista	A Comparison of the Application of Artificial Intelligence in the Educational System	Sistema ICAI	1	Aberto
ROSS Intelligence	Sistema especialista	A Comparison of the Application of Artificial Intelligence in the Educational System	Fornecer dados sobre falências, informações proprietárias e pesquisas sobre legislação trabalhista, realiza pesquisas jurídicas em dados baseados na web	1	Proprietário
STATPLAY	Aprendizado inteligente	A Comparison of the Application of Artificial Intelligence in the Educational System	Plataforma focada na prática de estatística e psicologia, ambiente multimídia para estatística introdutória	1	Aberto
Google Assistant, Alexa, Scarlet, Amazon eco, Siri	Ferramentas de IA inteligentes	A Comparison of the Application of Artificial Intelligence in the Educational System	Oferecem um ambiente controlado por voz, Assistente Pessoal, Pesquisa de informações on-line, Feedback com base nos resultados	1	Aberto
Khan Academy	Instrução acadêmica suplementar	Advancing the Design and Implementation of Artificial Intelligence in Education through Continuous Improvement; Artificial intelligence and education governance; Educação básica e inteligência artificial: perspectivas, contribuições e desafios	Um site educacional popular que tem sido usado em vários países para complementar o ensino acadêmico	3	Aberto
Altitude Learning	Aprendizagem personalizada	Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalized Learning Pathways	É uma plataforma de aprendizagem profissional que incentiva os alunos ao auto-estudo e ajuda os professores a atender às necessidades de cada aluno	1	Aberto
Gradescope	Aprendizagem personalizada	Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalized Learning Pathways	É uma plataforma que combina experiência com as mais recentes tecnologias de aprendizado de máquina e inteligência artificial para ajudar o professor a avaliar o progresso do aluno	1	Aberto
Knowji	Aprendizagem personalizada	Artificial Intelligence in Education: AIED for Personalized Learning Pathways	É um aplicativo audiovisual baseado em pesquisa que acompanha o progresso dos alunos	1	Aberto
Protótipo - Sistema de aprendizagem adaptativa	Aprendizagem adaptativa	Exploring Pedagogies & Strategies for Integrating Adaptive Learning Platforms: A Case Study of a High School in Hong Kong	O protótipo da plataforma de aprendizagem adaptativa foi desenvolvido para esta pesquisa.	1	Proprietário
CARAMBA	Sistema de recomendação	Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020	Plataforma para sugerir exercícios de aprendizagem adequados para alunos em programação	1	Aberto
Tic-tac-toe Quiz for	Avaliação automática	Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of	Plataforma feita para fornecer aos alunos uma avaliação formativa de seu	1	Proprietário

Figura 15 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 3).

Single-Play er		empirical research from 2011 to 2020	desempenho em programação de computadores e capacidade de resolução de problemas.		
AEE	Avaliação automática	Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2021	Sistema para fornecer aos alunos avaliação imediata, feedback e pontuações automatizadas em um ambiente de aprendizagem de inglês on-line	1	Proprietário
Busuu	Aprendizado de linguagens	Artificial Intelligence in English Language Teaching: The Good, the Bad and the Ugly	Plataforma de aprendizagem de línguas	1	Aberto
AI-ALS	Aprendizagem adaptativo	Artificial Intelligence for Quality Education: Successes and Challenges for AI in Meeting SDG4	Promovem a aprendizagem adaptativa. A aplicação da IA na educação	1	Aberto
Santa AI system	Recomendação	Recommendation for Effective Standardized Exam Preparation	Tutor da língua inglesa	1	Aberto
Copilot	IA generativa	The Robots are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education	IA generativa conectada a internet	1	Aberto
Codex	IA generativa	The Robots are Here: Navigating the Generative AI Revolution in Computing Education	IA generativa conectada a internet	1	Aberto
Alta	Aprendizagem adaptativa	Artificial Intelligence Technologies in Education: Benefits, Challenges and Strategies of Implementation	Possui uma solução completa de material didático que combina tecnologia de aprendizagem adaptativa projetada por especialistas com conteúdo disponível abertamente de alta qualidade	1	Aberto

Figura 16 – Anexo: Quadro de ferramentas levantadas (Página 4).

APÊNDICE B – QUADRO DE ALGORITMOS E MODELOS LEVANTADOS

Nome	Tipo	Artigos citados	Frequência	Aplicação
SVR	Predição	Student Performance Prediction and Classification Using Machine Learning Algorithms	1	Predição de desempenho
LSTM	Rede neural	Student Performance Prediction and Classification Using Machine Learning Algorithms	1	Predição de desempenho
BP(Backpropagation)	Rede neural	Student Performance Prediction and Classification Using Machine Learning Algorithms	1	Predição de desempenho
Multilingual ASAG model	Processamento de linguagem natural	AI-Based Multilingual Interactive Exam Preparation	1	Interação/Preparação
Deep Learning	Modelo de aprendizagem profunda	A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education; Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review, can deep learning; AI-based adaptive learning	4	Educação STEM , estudar a performance do aluno
Machine learning	Aprendizado de máquina	A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education; Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review; Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education	3	Educação STEM , estudar a performance do aluno
NLP	Processamento de linguagem natural	A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education; A Review of Artificial Intelligence(AI) in Education from 2010 to 2020; Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education; Can deep learning solve a preschool image understanding problem?	4	Processo de linguagem natural
BN	Bayesian Network	A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education; A Review of Artificial Intelligence(AI) in Education from 2010 to 2020; AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education	4	Propósitos múltiplos
IPSO-BP	Rede neural	A Systematic Review of AI-Driven Educational Assessment in STEM Education	1	Educação STEM
One-dimensional CNN	Rede neural	Applications of convolutional neural networks in education: A systematic literature review	1	Diversas aplicações
10-layer CNN	Rede neural	Applications of convolutional neural networks in education: A systematic literature review	1	Diversas aplicações
Graph CNN	Rede neural	Applications of convolutional neural networks in education: A systematic literature review	1	Diversas aplicações
Bayesian classification network	Bayesian Network	A Bayesian Classification Network-based Learning Status Management System in an Intelligent Classroom	1	Gestão de sala de aula
Decision Tree	Classificação	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020; Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?	3	Aprendizado adaptado; Para prever o evasão
Naive Bayes	Classificação	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?; Artificial intelligence in	3	Aprendizado adaptado

Figura 17 – Anexo: Quadro de algoritmos e modelos levantados (Página 1).

		online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020		
Hidden Markov	IA generativa	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature	1	Aprendizado adaptado
K-Nearest Neighbor 4	K Vizinhos próximos	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature	1	Aprendizado adaptado
Support Vector Machine 2	Classificação/Regressão	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?; Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020	3	Aprendizado adaptado
Convolutional Neural Network	Rede neural convolucional clássica	AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Can deep learning solve a preschool image understanding problem?	2	Aprendizado adaptado; Identificação de objetos
ANNS	Rede neural artificial	A Review of Artificial Intelligence(AI) in Education from 2010 to 2020; Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review; Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?	3	Classificar textos, mineração de dados; Várias aplicações
FuzzyC-means	Clusterização	A Review of Artificial Intelligence(AI) in Education from 2010 to 2020;	1	Clusterização de estudantes
Fuzzy and genetic	Clusterização	A Review of Artificial Intelligence(AI) in Education from 2010 to 2020;	1	Clusterização de estudantes
ITS	Modelos de tutoria inteligente	Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review; Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education; Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?; Artificial Intelligence for Quality Education: Successes and Challenges for AI in Meeting SDG4; AI-Based Adaptive Learning: A Systematic Mapping of the Literature; Artificial Intelligence-Based Smart Engineering Education; Survey for Smart and Adaptive Education; The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021;	9	Várias áreas de aplicação
Random Forest	Classificação/Regressão	Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?	1	Várias áreas de aplicação
LaMDA	IA generativa	Artificial Intelligence in English Language Teaching: The Good, the Bad and the Ugly	1	Gerar texto, traduzir idiomas, escrever
AI-enabled adaptive learning systems (AIALS)	Modelos adaptativos	Artificial Intelligence for Quality Education: Successes and Challenges for AI in Meeting SDG4	1	Aprendizagem adaptativa e otimizada
GPT-3/3.5	IA generativa	The Robots are Here: Navigating the Generative AI Revolution Computing Education; Exploring ChatGPT's impact on post-secondary education: A qualitative study	2	Diversas aplicações
GPT-4	IA generativa	The Robots are Here: Navigating the Generative AI Revolution Computing Education	1	Diversas aplicações

Figura 18 – Anexo: Quadro de algoritmos e modelos levantados (Página 2).

ANEXOS

ANEXO A – CHECKLIST PRISMA



PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	

Figura 19 – Anexo: Checklist PRISMA (Página 1).



PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g., confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g., confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

Figura 20 – Anexo: Checklist PRISMA (Página 2).