

Inclusão digital e inteligência artificial na educação: avanços, desafios e oportunidades para alunos e professores da Educação Básica à Educação Superior

*Claudio F. André**

*Adriana Barroso de Azevedo***

*Fabiola Andrade****

Resumo

Este artigo tem como objetivo promover o debate sobre a relação entre inclusão digital e inteligência artificial (IA) na educação, abordando como a convergência dessas tecnologias tem o potencial de ampliar o acesso, a qualidade e a personalização da educação para professores e estudantes de diversas origens geográficas e socioeconômicas. A justificativa para este estudo é a lacuna existente na literatura atual em língua portuguesa sobre como a inclusão digital e a IA podem ser integradas na educação. A questão problematizadora deste artigo é: como a inteligência artificial pode contribuir para a inclusão digital na educação e quais são os principais avanços, desafios e oportunidades associados a essas tecnologias digitais emergentes? Como metodologia consideramos que o estudo é de natureza qualitativa e exploratória, utilizando uma abordagem mista, combinando revisão sistemática da literatura, análise documental e estudos de casos. Com base na revisão sistemática da literatura e em estudos de casos apresentados em diversos documentos, pesquisas, livros e artigos científicos, analisamos as principais tendências e desafios na integração da IA em ambientes educacionais, bem como os impactos dessa integração na promo-

* Universidade Metodista de São Paulo. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9323-1064> . Doutor em Educação (Universidade de São Paulo).

** Universidade Metodista de São Paulo. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7628-1801> . Doutora em Comunicação Social (Universidade Metodista de São Paulo).

*** Universidade Metodista de São Paulo. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2907-8483> . Mestre em Educação (Universidade Metodista de São Paulo).

ção da inclusão digital. A discussão de resultados revela que a IA tem sido aplicada em várias áreas da educação, incluindo a aprendizagem adaptativa, análise de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades socioemocionais. No entanto, este estudo também identifica barreiras significativas, como a falta de infraestrutura digital adequada, a necessidade de formação dos educadores e preocupações éticas relacionadas à privacidade e ao viés algorítmico da IA. Nas considerações finais indicamos recomendações e propostas para abordar esses desafios e maximizar o potencial da IA na promoção da inclusão digital na educação, enfatizando a importância de políticas públicas e parcerias entre governos, instituições educacionais e empresas de tecnologia.

Palavras-chave: Inclusão digital; Inteligência artificial; Educação; Aprendizagem adaptativa; Análise de aprendizagem; Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

Digital inclusion and artificial intelligence in education: advancements, challenges, and opportunities for students and teachers from basic education to higher education

Abstract

This article aims to promote debate on the relationship between digital inclusion and artificial intelligence (AI) in education, addressing how the convergence of these technologies has the potential to expand access, quality, and personalization of education for teachers and students from various geographical and socioeconomic backgrounds. The justification for this study is the existing gap in the current Portuguese-language literature on how digital inclusion and AI can be integrated into education. The problematizing question of this article is: how can artificial intelligence contribute to digital inclusion in education, and what are the main advancements, challenges, and opportunities associated with these emerging digital technologies? As for methodology, we consider that the study is of a qualitative and exploratory nature, using a mixed approach, combining systematic literature review, document analysis, and case studies. Based on the systematic literature review and case studies presented in various documents, research, books, and scientific articles, we analyze the main trends and challenges in integrating AI into educational environments, as well as the impacts of this integration in promoting digital inclusion. The discussion of results reveals that AI has been applied in various areas of educa-

tion, including adaptive learning, learning analytics, and the development of socio-emotional skills. However, this study also identifies significant barriers, such as the lack of adequate digital infrastructure, the need for educator training, and ethical concerns related to privacy and algorithmic bias of AI. In the final considerations, we indicate recommendations and proposals to address these challenges and maximize the potential of AI in promoting digital inclusion in education, emphasizing the importance of public policies and partnerships between governments, educational institutions, and technology companies.

Keywords: Digital Inclusion; Artificial Intelligence; Education; Adaptive Learning; Learning Analytics; Information and Communication Digital Technologies.

Inclusión digital e inteligencia artificial en la educación: avances, desafíos y oportunidades para estudiantes y profesores desde la educación básica hasta la educación superior

Resumen

Este artículo tiene como objetivo promover el debate sobre la relación entre la inclusión digital y la inteligencia artificial (IA) en la educación, abordando cómo la convergencia de estas tecnologías tiene el potencial de ampliar el acceso, la calidad y la personalización de la educación para profesores y estudiantes de diversos orígenes geográficos y socioeconómicos. La justificación para este estudio es la brecha existente en la literatura actual en lengua portuguesa sobre cómo la inclusión digital y la IA pueden integrarse en la educación. La pregunta problematizadora de este artículo es: ¿cómo puede la inteligencia artificial contribuir a la inclusión digital en la educación y cuáles son los principales avances, desafíos y oportunidades asociados con estas tecnologías digitales emergentes? En cuanto a la metodología, consideramos que el estudio es de naturaleza cualitativa y exploratoria, utilizando un enfoque mixto, que combina revisión sistemática de la literatura, análisis documental y estudios de casos. Basándonos en la revisión sistemática de la literatura y en estudios de casos presentados en diversos documentos, investigaciones, libros y artículos científicos, analizamos las principales tendencias y desafíos en la integración de la IA en entornos educativos, así como los impactos de esta integración en la promoción de la inclusión digital. La discusión de los resultados revela que la IA se ha aplicado en varias áreas de la educación, incluido el aprendizaje adaptativo,

el análisis del aprendizaje y el desarrollo de habilidades socioemocionales. Sin embargo, este estudio también identifica barreras significativas, como la falta de infraestructura digital adecuada, la necesidad de formación de los educadores y preocupaciones éticas relacionadas con la privacidad y el sesgo algorítmico de la IA. En las consideraciones finales, indicamos recomendaciones y propuestas para abordar estos desafíos y maximizar el potencial de la IA en la promoción de la inclusión digital en la educación, enfatizando la importancia de las políticas públicas y las asociaciones entre gobiernos, instituciones educativas y empresas de tecnología.

Palabras clave: Inclusión digital; Inteligencia artificial; Educación; Aprendizaje adaptativo; Análisis del aprendizaje; Tecnologías Digitales de la Información y Comunicación.

1. Introdução

A era digital trouxe transformações significativas para todos as áreas da sociedade, incluindo a educação (FAVA, 2018; SEABRA, 2021). Nesse contexto, a inclusão digital e a inteligência artificial (IA) emergem como fatores críticos que têm o potencial de contribuir significativamente para remodelar o cenário educacional, oferecendo inúmeras oportunidades para melhorar a qualidade, ampliar o acesso e a personalização da educação, para professores e estudantes de diversas origens geográficas e socioeconômicas (GOEMAN JR., 2022; LEE & QIUFAN, 2022).

A inclusão digital, entendida aqui como o acesso equitativo às tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), é fundamental para garantir que todos os professores e estudantes possam se beneficiar das inovações tecnológicas no campo da educação (NEVES, 2020; PISCHETOLA, 2016). Tomando como referência este cenário, levantamos a seguinte questão problematizadora neste artigo: como a inteligência artificial pode contribuir para a inclusão digital na educação e quais são os principais avanços, desafios e oportunidades associados a essas tecnologias digitais emergentes?

Com base na questão problematizadora, neste artigo analisamos como a IA na educação pode contribuir para a inclusão digital, bem como os desafios e as barreiras que devem ser superados para garantir que essas tecnologias beneficiem todos os professores e

alunos, independentemente de sua localização geográfica, status socioeconômico ou habilidades individuais, buscando compreender as tendências, os desafios e as perspectivas futuras associadas à implementação dessas tecnologias no ambiente educacional (FAVA, 2018; SEABRA, 2021; GOEMAN JR., 2022; LEE & QIUFAN, 2022).

O artigo começa com a revisão sistemática de estudos anteriores sobre inclusão digital e IA na educação, destacando as principais tendências e desafios associados à implementação dessas tecnologias no contexto educacional. Na sequência, tomando como referência a revisão sistemática de estudos anteriores (BAUER & GASKELL, 2015; BOGDAN & BIKLEN, 2008), apresentamos os fundamentos, a história e exemplos de IA na educação, assim como apresentamos exemplos que ilustram como a IA tem sido aplicada em diversas áreas da educação, como aprendizagem adaptativa, análise de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades socioemocionais.

Na análise e discussão de resultados refletimos sobre as barreiras e os desafios enfrentados na implementação da IA e na promoção da inclusão digital, incluindo a falta de infraestrutura digital adequada, a necessidade de treinamento dos educadores e preocupações éticas relacionadas à privacidade e ao viés algorítmico.

Nosso objetivo neste artigo é contribuir para o debate sobre a inclusão digital e da IA na educação, fornecendo insights e recomendações para a implementação bem-sucedida das TIC e para a promoção da equidade no ambiente educacional.

2. Metodologia

Nesta seção descrevemos a metodologia adotada para investigar a intersecção entre a inclusão digital e a inteligência artificial (IA) na educação. O estudo é de natureza qualitativa e exploratória, utilizando uma abordagem mista, combinando revisão sistemática da literatura, análise documental e estudos de caso (BAUER & GASKELL, 2015; BOGDAN & BIKLEN, 2008).

Realizamos uma revisão sistemática da literatura para identificar as principais tendências, aplicações e desafios relacionados

à inclusão digital e IA na educação. As bases de dados consultadas incluíram Web of Science, Scopus, ERIC e Google Scholar. Os termos de pesquisa utilizados foram combinações das palavras-chave: “inclusão digital”, “inteligência artificial na educação” e “tecnologias digitais na educação”. Inicialmente, foram selecionados artigos publicados dos últimos dez anos, em português e inglês. Os critérios de inclusão dos artigos foram relevância, qualidade metodológica e contribuição ao tema do estudo. Após a seleção dos artigos, realizamos uma análise e categorização temática para identificar as principais tendências e desafios na literatura (BAUER & GASKELL, 2015; BOGDAN & BIKLEN, 2008).

Complementamos a revisão da literatura com uma análise documental de relatórios, diretrizes e políticas públicas relacionadas à inclusão digital e IA na educação. Os documentos analisados incluíram relatórios de organizações internacionais como UNESCO (2020), OCDE (2019) e Banco Mundial (2020), diretrizes de governos nacionais e regionais e documentos de empresas de tecnologia educacional. A análise documental permitiu identificar as principais estratégias e iniciativas adotadas para promover a inclusão digital e a integração da IA na educação, bem como os desafios e barreiras enfrentados na implementação dessas políticas e propostas.

Selecionamos e analisamos estudos de casos de projetos e iniciativas que utilizam IA e promovem a inclusão digital na educação. Os estudos de caso foram identificados por meio da revisão da literatura e da análise documental, bem como por meio de buscas em sites de organizações e instituições educacionais.

Os critérios de seleção dos estudos de caso incluíram a inovação em projetos educacionais, a eficácia e a relevância para o tema do estudo. A análise dos estudos de caso permitiu identificar práticas e lições aprendidas na implementação da IA e na promoção da inclusão digital na educação, bem como os fatores que contribuem para o sucesso dessas iniciativas.

A combinação dessas abordagens metodológicas permitiu uma compreensão abrangente e aprofundada das tendências,

desafios e perspectivas futuras relacionadas à inclusão digital e IA na educação. Os resultados da revisão da literatura, da análise documental e dos estudos de caso foram integrados e sintetizados para formar a base das discussões e recomendações apresentadas neste artigo.

2.1. Revisão Sistemática da literatura

A revisão sistemática da literatura aborda a intersecção entre inclusão digital e inteligência artificial (IA) na educação, destacando as principais tendências, aplicações e desafios associados à implementação dessas tecnologias no ambiente educacional. Esta seção está organizada em três partes: inclusão digital na educação, aplicações da IA na educação e desafios na integração da IA e inclusão digital.

2.1.1. Inclusão Digital na Educação

A inclusão digital refere-se ao acesso equitativo e ao uso efetivo das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) na sociedade (WARSCHAUER, 2004). Na educação, segundo Selwyn (2004), a inclusão digital é vista como um meio de garantir que todos os professores e estudantes tenham acesso aos recursos educacionais e às oportunidades de aprendizagem proporcionadas pelas TDIC (NEVES, 2020; PISCHETOLA, 2016).

A literatura sobre inclusão digital na educação enfoca questões como a infraestrutura tecnológica, a formação de professores, o desenvolvimento de conteúdo digital e as políticas públicas que promovem a equidade no acesso às TDIC (VAN DIJK, 2005; BOCCONI ET AL., 2013), assim como o acesso às tecnologias digitais assistivas.

As tecnologias digitais assistivas, também conhecidas como tecnologias de assistência ou tecnologias adaptativas, são ferramentas, dispositivos ou softwares projetados para ajudar pessoas com deficiências a realizar tarefas que poderiam

ser desafiadoras ou impossíveis devido à sua condição. Essas tecnologias podem auxiliar em uma variedade de atividades, desde tarefas diárias básicas até atividades mais complexas, como aprendizado e trabalho, como por exemplo:

- a) **Software de leitura de tela:** Este software lê em voz alta o texto exibido na tela, auxiliando pessoas com deficiência visual ou dislexia.
- b) **Teclados adaptativos:** Teclados com layouts especiais ou teclas maiores podem facilitar a digitação para pessoas com deficiências motoras ou visuais.
- c) **Software de reconhecimento de voz:** Este software permite que os usuários controlem um computador ou dispositivo móvel usando apenas a voz, o que pode ser útil para pessoas com deficiências motoras.
- d) **Aplicativos de comunicação aumentativa e alternativa (AAC):** Esses aplicativos ajudam pessoas com dificuldades de fala a se comunicar usando símbolos, imagens ou texto.
- e) **Tecnologia de rastreamento ocular:** Esta tecnologia permite que os usuários controlem um computador ou dispositivo móvel com o movimento dos olhos, o que pode ser útil para pessoas com deficiências motoras graves, como paralisia.
- f) **Dispositivos de audição assistiva:** Estes incluem aparelhos auditivos digitais e sistemas de loop de indução que ajudam pessoas com deficiência auditiva a ouvir mais claramente.

O uso de tecnologias digitais assistivas estão em consonância com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), Lei nº 13.146 que foi sancionada em 6 de julho de 2015. A lei define tecnologia assistiva como “produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade,

relacionada à atividade e participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social”. Esta lei é um marco legal importante para as pessoas com deficiência no Brasil, pois estabelece normas para promover, proteger e assegurar o exercício pleno e igualitário de todos os direitos humanos e liberdades fundamentais por pessoas com deficiência.

2.1.2. Aplicações da IA na Educação

A IA tem sido aplicada em várias áreas da educação, com o objetivo de melhorar a qualidade, a eficiência e a personalização do ensino e da aprendizagem. Algumas das principais aplicações da IA na educação incluem:

- a) **Aprendizagem adaptativa:** Os sistemas de IA podem adaptar o conteúdo e o ritmo da aprendizagem com base nas necessidades individuais dos alunos, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais personalizada (PANE et al., 2017).
- b) **Análise de aprendizagem:** A IA pode ser usada para analisar os dados de aprendizagem dos alunos, identificando padrões e tendências que podem informar intervenções e estratégias de ensino mais eficazes (SIEMENS, 2013).
- c) **Sistemas de tutoria inteligentes:** Os sistemas de IA podem atuar como tutores virtuais, fornecendo feedback e orientação aos alunos de maneira individualizada e em tempo real (GRAESSER et al., 2008).
- d) **Desenvolvimento de habilidades socioemocionais:** A IA pode ser usada para apoiar o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como empatia, comunicação e resolução de conflitos, através de jogos educativos e outras atividades interativas (KAPP, 2012).

2.1.3. *Desafios na Integração da IA e Inclusão Digital*

Apesar do potencial da IA para contribuir para a melhoria da qualidade e a equidade na educação, existem vários desafios e barreiras que devem ser superados para garantir que essas tecnologias beneficiem todos os professores e alunos. Alguns dos principais desafios identificados na literatura incluem:

- a) **Infraestrutura digital:** A falta de infraestrutura digital adequada em muitas regiões e escolas pode limitar o acesso dos professores e alunos às tecnologias de IA e criar desigualdades no acesso à educação (BOCCONI et al., 2013).
- b) **Formação de professores:** A eficácia da IA na educação depende em grande parte na formação adequada dos professores, que precisam desenvolver competências digitais e pedagógicas para integrar essas tecnologias em suas práticas de ensino (TONDEUR et al., 2017).
- c) **Preocupações éticas:** A implementação da IA na educação levanta preocupações éticas relacionadas à privacidade dos dados dos professores e alunos, ao viés algorítmico e à automação do processo educacional, que podem afetar a qualidade e a equidade da educação (HOLSTEIN et al., 2019).
- d) **Conteúdo e recursos educacionais:** O desenvolvimento de conteúdo e recursos educacionais de alta qualidade para a IA é essencial para garantir que os professores e alunos se beneficiem dessas tecnologias e que a inclusão digital seja promovida (COBO, 2013).
- e) **Políticas públicas e financiamento:** A implementação bem-sucedida da IA e a promoção da inclusão digital na educação dependem de políticas públicas e financiamento adequados, que garantam o acesso equitativo às TIC e apoiem o desenvolvimento e a integração de tecnologias educacionais inovadoras (GULATI, 2008).

A revisão da literatura destaca a crescente importância da inclusão digital e da IA na educação e o potencial dessas tecnologias para melhorar o acesso, a qualidade e a personalização da educação. No entanto, a literatura também aponta para vários desafios e barreiras que devem ser superados para garantir que a IA e a inclusão digital beneficiem todos os professores e alunos e promovam a equidade e a inclusão no ambiente educacional.

3. Fundamentos, história e exemplos de aplicativos de inteligências artificiais para a educação

Para Eysenck (2023), os fundamentos que alicerçam a discussão sobre inclusão digital e inteligências artificiais na educação são baseados em uma variedade de teorias e conceitos que buscam compreender como a IA pode ser aplicada para contribuir para a melhoria da educação e promover a equidade da aprendizagem de alunos no mundo digital.

A inclusão digital na educação é um tema de crescente importância no século XXI pois, na medida em que as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) se tornam cada vez mais integradas em todos os aspectos de nossas vidas, é crucial garantir que todos tenham acesso igualitário e a habilidade de usar efetivamente essas ferramentas digitais no contexto educacional (NEVES, 2020; PISCHETOLA, 2016).

A inclusão digital na educação refere-se não apenas ao acesso físico a dispositivos digitais e à Internet, mas também à capacidade de usar efetivamente essas ferramentas para fins educacionais. Isso inclui a habilidade de buscar, avaliar e usar informações online, bem como a capacidade de usar ferramentas digitais para criar e comunicar ideias (WARSCHAUER, 2003), independentemente de sua localização geográfica, origem socioeconômica ou necessidades individuais.

No entanto, a inclusão digital na educação também apresenta desafios significativos. A desigualdade no acesso às tecnologias digitais e à Internet, conhecida como “apartheid digital”, continua sendo um problema significativo com professores e alunos de co-

munidades desfavorecidas, sendo muitas vezes menos propensos a ter acesso a dispositivos digitais e à Internet de alta velocidade (SELWYN, 2019). Além disso, a efetiva integração das TIDC na educação requer formação adequada para professores, bem como a adaptação dos currículos e métodos de ensino e aprendizagem para incorporar efetivamente o uso dos recursos tecnológicos na educação (ERTMER & OTTENBREIT-LEFTWICH, 2010).

Outro conceito importante está relacionado a aprendizagem adaptativa (PANE et al., 2017), que se baseia na ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando é personalizada e adaptada às necessidades individuais dos alunos. Neste caso, a inteligência artificial pode desempenhar um papel fundamental nesse processo, analisando continuamente o progresso e o desempenho do aluno e ajustando o conteúdo e as atividades de acordo com a necessidade de cada pessoa.

A alfabetização digital é outro conceito-chave, envolvendo o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para usar efetivamente as TDIC na aprendizagem e na vida cotidiana. Neste contexto, a inteligência artificial pode ajudar a promover a alfabetização digital, fornecendo recursos e atividades que desenvolvem habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e comunicação no contexto das TDIC.

Ao considerar a fundamentação teórica da inclusão digital e inteligências artificiais na educação, é importante reconhecer a interação entre essas teorias e conceitos e explorar como a inteligência artificial pode ser projetada e implementada de maneira a apoiar e contribuir para a melhoria da qualidade da aprendizagem e a inclusão para todos os professores e alunos.

3.1. Inteligência artificial na educação: um pouco de história

A história da inteligência artificial (IA) na educação remonta aos primeiros dias da própria IA. Desde o início, os pesquisadores perceberam o potencial da IA para melhorar a educação e a aprendi-

zagem, assim como várias etapas-chave marcam o desenvolvimento da IA na educação (TURING, 2019; TAULLI, 2020).

- a) **Década de 1950 e 1960: os primeiros passos** - Os primeiros esforços para aplicar a IA na educação começaram no final dos anos 1950 e início dos anos 1960. Durante este período, a programação de computadores e a teoria da IA estavam em seus estágios iniciais. Nesse contexto, pesquisadores como Alan Turing já estavam explorando os fundamentos da IA e seu potencial para imitar e melhorar a cognição humana.
- b) **Década de 1970: sistemas de tutoria inteligentes e o surgimento da IA na educação** - A década de 1970 viu o desenvolvimento dos primeiros sistemas de tutoria inteligentes (ITS), que eram programas de computador projetados para fornecer instrução e feedback individualizado aos alunos. Um exemplo pioneiro foi o sistema Scholar, desenvolvido por Carbonell em 1970, que fornecia instrução em um domínio específico (geografia) e adaptava-se ao progresso e ao conhecimento do aluno. Esses sistemas iniciais estabeleceram as bases para a aplicação da IA na educação.
- c) **Década de 1980 e 1990: avanços tecnológicos e IA na educação** - Os avanços tecnológicos das décadas de 1980 e 1990 permitiram o desenvolvimento de sistemas de IA mais sofisticados e eficazes para a educação. Sistemas de tutoria inteligentes, como o sistema de Geometria Cognitiva de Anderson e o sistema PACT (Plataforma de Aprendizagem Colaborativa e Tutorial) de Koedinger e Anderson, começaram a demonstrar a eficácia da IA no ensino e na aprendizagem.
- d) **Início dos anos 2000: aprendizagem de máquina e IA na educação** - O início dos anos 2000 foi marcado pelo surgimento da aprendizagem de máquina e algoritmos de aprendizagem profunda. Esses avanços permiti-

ram a criação de sistemas de IA mais poderosos e eficientes para a educação. Durante este período, a pesquisa em IA na educação começou a se concentrar em áreas como aprendizagem adaptativa, análise de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades socioemocionais.

- e) **Década de 2010 até o presente: aplicativos e plataformas de IA na educação** - Na última década, a IA tem sido cada vez mais integrada a aplicativos e plataformas educacionais, como Duolingo, Socratic e ALEKS. Essas soluções incorporam IA para fornecer experiências de aprendizagem adaptativas e personalizadas aos alunos. Além disso, a IA tem sido usada para analisar dados de aprendizagem e fornecer insights para educadores e formuladores de políticas.

Ao longo da história da IA na educação, houve avanços significativos em termos de tecnologia e aplicação (METZ, 2022). Esses desenvolvimentos continuam a transformar a educação, possibilitando experiências de aprendizagem mais personalizadas, adaptativas e eficazes para favorecer tanto os alunos quanto os professores. À medida que a IA continua a evoluir e as tecnologias emergentes, como aprendizagem profundo e processamento de linguagem natural, se tornam mais sofisticadas, podemos esperar ainda mais inovações na área da educação.

Os desafios futuros para a IA na educação incluem garantir a equidade e a inclusão, abordar questões éticas e de privacidade, bem como desenvolver sistemas que possam apoiar efetivamente o desenvolvimento de habilidades do século XXI, como criatividade, pensamento crítico e resolução de problemas (LEE & QIUFAN, 2022).

Além disso, é crucial que os educadores, pesquisadores e desenvolvedores de tecnologias digitais continuem a trabalhar juntos para explorar novas abordagens e soluções que maximizem o potencial da IA para melhorar a qualidade da educação. Ao fazer isso, podemos nos mover em direção a um futuro educacional em

que todos os alunos tenham acesso a oportunidades e recursos de aprendizagem de alta qualidade, personalizados e adaptados às suas necessidades individuais.

3.2. Exemplos de aplicativos de inteligências artificiais para a educação

Para Fava (2018) e Seabra (2021), há diversos aplicativos que utilizam inteligência artificial (IA) para contribuir para a melhoria da educação e dos processos de aprendizagem. Alguns exemplos incluem:

- a) **Duolingo:** Este aplicativo de aprendizagem de idiomas utiliza IA para fornecer exercícios personalizados e adaptativos com base no desempenho e nas necessidades individuais dos alunos. Duolingo usa algoritmos de aprendizagem de máquina para identificar áreas de dificuldade e ajustar o conteúdo de acordo, tornando a aprendizagem mais eficiente e envolvente.
- b) **Socratic:** Desenvolvido pelo Google, o Socratic é um aplicativo educacional que utiliza IA para ajudar os alunos a encontrar respostas e recursos para suas perguntas. Os alunos podem tirar fotos de problemas matemáticos, fazer perguntas em linguagem natural ou até mesmo falar com o aplicativo. O Socratic utiliza algoritmos de IA para analisar a pergunta e fornecer explicações detalhadas, tutoriais em vídeo e recursos relacionados.
- c) **Quizlet:** Este aplicativo de aprendizagem com *flashcards* usa IA para ajudar os alunos a memorizar informações de maneira eficiente. O sistema de aprendizagem adaptativa do Quizlet ajusta a ordem e a frequência dos *flashcards* com base no desempenho do aluno, ajudando-os a se concentrar nas informações que precisam de mais prática.
- d) **Carnegie Learning:** A Carnegie Learning oferece uma plataforma de aprendizagem adaptativa chamada MATHia, que utiliza IA para fornecer instruções e práticas

personalizadas em matemática. O aplicativo monitora o progresso do aluno e ajusta o conteúdo e as atividades com base em seu desempenho, proporcionando uma experiência de aprendizagem individualizada.

- e) **Brainly:** Este aplicativo é uma plataforma de aprendizagem colaborativo que utiliza IA para conectar estudantes com especialistas e tutores em várias disciplinas. Os alunos podem fazer perguntas e receber ajuda de outros membros da comunidade Brainly, enquanto a IA do aplicativo ajuda a identificar as melhores respostas e recursos.
- f) **ALEKS (Assessment and Learning in Knowledge Spaces):** ALEKS é um sistema de aprendizagem adaptativa baseado na Web que utiliza IA para avaliar as habilidades e o conhecimento dos alunos em matemática, ciências e outros assuntos. O sistema adapta-se ao progresso do aluno, fornecendo atividades e recursos personalizados para ajudá-los a alcançar a proficiência em várias áreas de estudo.
- g) **Knewton:** Knewton é uma plataforma de aprendizagem adaptativa que utiliza IA para personalizar o conteúdo e as atividades de aprendizagem com base no desempenho e nas necessidades individuais dos alunos. A plataforma pode ser integrada a sistemas de gerenciamento de aprendizagem e conteúdo, permitindo que os educadores ofereçam experiências de aprendizagem mais eficazes e envolventes.

Estes são apenas alguns exemplos de aplicativos que utilizam inteligência artificial para contribuir para a melhoria da educação e dos processos de aprendizagem. À medida que a IA continua a evoluir, teremos cada vez mais inovações e ferramentas que podem transformar a maneira como ensinamos e como aprendemos (EYSENCK & EYSENCK, 2023).

4. Resultados e Discussão

Com base na revisão da literatura, na análise documental e nos estudos de caso, identificamos várias tendências, desafios e perspectivas futuras relacionadas à inclusão digital e à inteligência artificial (IA) na educação. Nesta seção, discutimos os principais resultados do estudo, organizados em três temas principais: (1) avanços e impactos da IA na educação, (2) desafios na promoção da inclusão digital e integração da IA e (3) perspectivas futuras e recomendações.

4.1. Avanços e impactos da IA na educação

Os resultados desse estudo indicam que a IA tem o potencial de melhorar a qualidade e a eficiência da educação em várias áreas, como aprendizagem adaptativa, análise de aprendizagem, sistemas de tutoria inteligentes e desenvolvimento de habilidades socioemocionais (FAVA, 2018; SEABRA, 2021; GOEMAN JR., 2022; LEE & QIUFAN, 2022). Os estudos de caso analisados mostraram que a implementação bem-sucedida dessas tecnologias pode resultar em melhorias significativas no desempenho acadêmico, na motivação e no engajamento dos alunos, bem como na redução das desigualdades educacionais.

Os estudos de caso também destacam que a inteligência artificial (IA) tem o potencial de contribuir positivamente para o campo da educação, oferecendo novas abordagens e ferramentas para melhorar a aprendizagem e o ensino, considerando que algumas aplicações da IA na educação incluem:

- a) **Aprendizagem adaptativa:** Sistemas de aprendizagem adaptativa usam IA para analisar o progresso e o desempenho dos alunos, identificando áreas de dificuldade e ajustando automaticamente o conteúdo e as atividades de aprendizagem para atender às necessidades individuais. Essa personalização do processo de aprendizagem pode melhorar a eficácia do ensino e ajudar os alunos a progredir em seu próprio ritmo.
- b) **Sistemas de tutoria inteligentes:** A IA pode ser usada para desenvolver sistemas de tutoria inteligentes que for-

necem feedback e orientação individualizados aos alunos. Esses sistemas podem monitorar o progresso do aluno, identificar lacunas no conhecimento e fornecer explicações e recursos adicionais conforme necessário. Essa abordagem pode melhorar a compreensão dos alunos e aumentar a retenção do conhecimento.

- c) **Análise de aprendizagem:** A IA pode ser usada para coletar e analisar dados de aprendizagem, como o envolvimento dos alunos, o tempo gasto em atividades de aprendizagem e o desempenho em avaliações. Essas análises podem ajudar os educadores a identificarem padrões e tendências, permitindo-lhes ajustar suas estratégias de ensino e melhorar a eficácia da educação.
- d) **Assistência à avaliação:** A IA pode ser aplicada para auxiliar na avaliação e classificação de trabalhos escritos dos alunos, como redações e relatórios. Algoritmos de IA podem analisar o conteúdo e a estrutura de um texto, fornecendo feedback instantâneo e sugestões de melhoria. Isso pode economizar tempo e esforço dos educadores, permitindo-lhes se concentrar em outras áreas do ensino e da aprendizagem.
- e) **Desenvolvimento de habilidades socioemocionais:** A IA pode ser usada para desenvolver jogos e aplicativos educacionais que promovem o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como empatia, comunicação e resolução de conflitos. Essas aplicações podem ajudar os alunos a entenderem e gerenciar suas emoções, melhorando o bem-estar e o desempenho acadêmico.
- f) **Chatbots educacionais:** Os chatbots são programas de IA que podem simular conversas humanas. Na educação, chatbots podem ser usados para responder a perguntas dos alunos, fornecer feedback, oferecer dicas de estudo e até mesmo realizar sessões de tutoria individualizadas. Essa abordagem pode aumentar o engajamento dos alu-

nos e facilitar o acesso a informações e recursos educacionais.

- g) Recomendação de conteúdo e recursos:** A IA pode ser usada para desenvolver sistemas de recomendação que identificam e sugerem conteúdo e recursos educacionais relevantes e de alta qualidade com base nas preferências e necessidades individuais dos alunos. Isso pode ajudar os alunos a encontrarem materiais de aprendizagem apropriados e personalizados, melhorando sua experiência de aprendizagem e seu desempenho acadêmico.

4.2. Desafios e oportunidades na promoção da inclusão digital e integração com IA

Apesar do potencial da IA para contribuir para a melhoria da educação, o estudo também identificou vários desafios e barreiras que precisam ser superados para garantir que essas tecnologias beneficiem todos os alunos e promovam a inclusão digital (GOEMANN JR., 2022).

Entre os desafios identificados estão a falta de infraestrutura digital adequada, a necessidade de formação de professores, preocupações éticas relacionadas à privacidade e ao viés algorítmico, a criação de conteúdo e recursos educacionais de alta qualidade e a necessidade de políticas públicas e financiamento adequados.

Por outro lado, os estudos analisados mostram que a inteligência artificial (IA) tem o potencial de contribuir para a promoção da inclusão digital na educação, oferecendo soluções e ferramentas inovadoras que podem ajudar a superar barreiras e desigualdades no acesso à educação de qualidade (FAVA, 2018; SEABRA, 2021; GOEMANN JR., 2022; LEE & QIUFAN, 2022).

Alguns exemplos de como a IA pode contribuir para a inclusão digital na educação incluem:

- a) Acesso a recursos educacionais:** A IA pode ser usada para desenvolver sistemas de recomendação que identificam e sugerem conteúdo e recursos educacionais re-

levantes e de alta qualidade, adaptados às necessidades e preferências dos alunos. Isso pode facilitar o acesso a materiais de aprendizagem personalizados e de qualidade para alunos em áreas remotas ou com recursos limitados.

- b) **Tradução automática e suporte multilíngue:** A IA pode ser aplicada para desenvolver ferramentas de tradução automática e suporte multilíngue, permitindo que os alunos acessem conteúdos educacionais em seu idioma nativo. Isso pode melhorar a compreensão e o engajamento dos alunos e reduzir as barreiras linguísticas à educação.
- c) **Suporte para alunos com deficiências:** A IA pode ser usada para desenvolver ferramentas e recursos de acessibilidade para alunos com deficiências, como leitores de tela, reconhecimento de voz e adaptações visuais ou auditivas. Essas tecnologias podem melhorar o acesso e a participação dos alunos com deficiências na educação, promovendo a equidade e a inclusão.
- d) **Aprendizagem adaptativa e personalizado:** A IA pode facilitar a criação de sistemas de aprendizagem adaptativa que ajustam automaticamente o conteúdo e as atividades de aprendizagem às necessidades individuais dos alunos. Isso pode ser especialmente útil para alunos com dificuldades de aprendizagem ou necessidades educacionais especiais, pois pode proporcionar uma experiência de aprendizagem mais inclusiva e personalizada.
- e) **Monitoramento e identificação de lacunas na aprendizagem:** A IA pode ser aplicada para analisar o desempenho dos alunos e identificar lacunas na aprendizagem, ajudando os educadores a ajustarem suas estratégias de ensino e intervir de maneira mais eficaz. Isso pode ser particularmente benéfico para alunos em situação de vulnerabilidade ou desvantagem, permitindo que recebam apoio direcionado e oportuno.

- f) **Promoção de habilidades digitais:** A IA pode ser usada para desenvolver aplicativos e jogos educacionais que ensinam habilidades digitais e competências necessárias para o século XXI. Essas ferramentas podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades em programação, análise de dados e resolução de problemas, preparando-os para uma economia cada vez mais digitalizada e promovendo a inclusão digital.
- g) **Redução de desigualdades regionais e socioeconômicas:** A IA pode ser usada para desenvolver soluções educacionais inovadoras que podem ser implementadas em áreas rurais e remotas, onde o acesso à educação de qualidade pode ser limitado. Isso pode ajudar a reduzir as desigualdades regionais e socioeconômicas na educação e garantir que todos os alunos tenham oportunidades iguais de sucesso acadêmico.

4.3. Perspectivas futuras e recomendações

Com base nos resultados do estudo, propomos várias recomendações para superar os desafios identificados e maximizar o potencial da IA e da inclusão digital na educação, tomando como referência os estudos de Fava (2018), Seabra (2021), Goeman Jr., (2022) e Lee & Qiufan (2022):

- a) Investir na melhoria da infraestrutura digital, garantindo que todas as escolas e comunidades tenham acesso a tecnologias adequadas e à internet de alta velocidade.
- b) Desenvolver e implementar programas de formação para professores, focados no desenvolvimento de competências digitais e pedagógicas necessárias para integrar efetivamente a IA e outras tecnologias na prática de ensino.
- c) Abordar preocupações éticas, desenvolvendo diretrizes e regulamentações claras para a coleta, armazenamento e uso de dados dos alunos e garantindo a transparência e a responsabilidade no desenvolvimento e na implementação de algoritmos de IA.

- d) Fomentar a colaboração entre governos, instituições educacionais e empresas de tecnologia, incentivando o desenvolvimento de conteúdo e recursos educacionais de alta qualidade e promovendo a inovação e a pesquisa na área de IA e educação.
- e) Estabelecer políticas públicas e mecanismos de financiamento que promovam a equidade no acesso às tecnologias educacionais e apoiem a implementação e a integração bem-sucedidas da IA e da inclusão digital na educação.

5. Considerações Finais

Os resultados deste estudo destacam o potencial da inteligência artificial e da inclusão digital para contribuir para a melhoria da qualidade, da eficiência e da equidade da educação. No entanto, também fica claro que é necessário enfrentar uma série de desafios e barreiras para garantir que essas tecnologias beneficiem todos os alunos e promovam a inclusão no ambiente educacional.

A implementação das recomendações apresentadas nesta seção pode contribuir para a superação desses desafios e para a maximização do potencial da IA e da inclusão digital na educação. A pesquisa futura deve continuar explorando as melhores práticas e estratégias para a integração bem-sucedida dessas tecnologias e para garantir que as inovações educacionais sejam acessíveis e eficazes para todos os alunos, independentemente de suas origens e circunstâncias.

Ao implementar e integrar a IA na educação de maneira inclusiva e equitativa, é possível promover a inclusão digital e garantir que todos os alunos, independentemente de sua localização geográfica, origem socioeconômica ou necessidades individuais, tenham acesso a uma educação de qualidade. No entanto, é essencial abordar os desafios e barreiras associados à implementação da IA, como a infraestrutura digital, a formação de professores e as preocupações éticas, para garantir que essas tecnologias beneficiem todos os alunos e não ampliem as desigualdades existentes.

Além disso, é importante envolver as partes interessadas relevantes, incluindo educadores, formuladores de políticas, desenvolvedores de tecnologia e comunidades locais, no processo de implementação e avaliação das soluções de IA na educação. Isso garantirá que as tecnologias sejam adaptadas às necessidades e contextos específicos e que sejam culturalmente sensíveis e adequadas.

O potencial da IA e da inclusão digital na educação é evidente nos diversos avanços e aplicações identificados, como aprendizagem adaptativa, análise de aprendizagem, sistemas de tutoria inteligentes e desenvolvimento de habilidades socioemocionais. Essas tecnologias têm o poder de melhorar a qualidade, a eficiência e a personalização do ensino e da aprendizagem, além de ajudar a superar barreiras educacionais e alcançar uma maior equidade no acesso à educação.

No entanto, os desafios enfrentados para promover a inclusão digital e integrar a IA na educação não devem ser subestimados. As questões de infraestrutura digital, formação de professores, preocupações éticas, desenvolvimento de conteúdo e políticas públicas são cruciais para garantir o sucesso da implementação dessas tecnologias no ambiente educacional. Além disso, a necessidade de abordar o viés algorítmico e garantir a privacidade e a segurança dos dados dos alunos é fundamental para manter a confiança nas tecnologias educacionais e evitar a ampliação das desigualdades existentes.

Com base nos resultados e discussões, é possível estabelecer algumas implicações práticas e teóricas. Do ponto de vista prático, as recomendações apresentadas na seção de resultados podem servir como diretrizes para formuladores de políticas, educadores e desenvolvedores de tecnologia educacional na busca por soluções e estratégias eficazes para integrar a IA e promover a inclusão digital na educação. Além disso, os estudos de caso analisados fornecem exemplos de melhores práticas e lições aprendidas que podem ser aplicadas em diferentes contextos e situações.

Do ponto de vista teórico, este estudo contribuiu para a reflexão da literatura existente sobre inclusão digital e IA na educa-

ção, fornecendo uma análise abrangente e atualizada das tendências, aplicações e desafios associados a essas tecnologias. A abordagem metodológica adotada e os resultados apresentados podem servir como base para futuras pesquisas e investigações nesta área.

Em suma, a inteligência artificial tem o potencial de contribuir significativamente para a inclusão digital na educação, mas é crucial abordar os desafios e garantir a equidade e a inclusão em todo o processo. Ao fazer isso, podemos nos mover em direção a um futuro educacional em que todos os alunos tenham as oportunidades e recursos necessários para alcançar seu pleno potencial.

Referências

BANCO MUNDIAL. **A Nova Geração da Educação: Inteligência Artificial e Educação**. Washington, DC: Banco Mundial, 2020.

BAUER, M.; GASKELL, G. *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som*. Um manual prático. 13. ed., Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

BOCCONI, S.; KAMPYLIS, P.; PUNIE, Y. Framing ICT-enabled Innovation for Learning: the case of one-to-one learning initiatives in Europe. **European Journal of Education**, 48(1), 113–130, 2013.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 2008.

COBO, C. Skills for innovation: envisioning an education that prepares for the changing world. **Curriculum Journal**, 24(1), 67-85. doi:10.1080/09585176.2012.744330, 2013.

ERTMER, P. A., & OTTENBREIT-LEFTWICH, A. T. Teacher Technology Change: How Knowledge, Confidence, Beliefs, and Culture Intersect. **Journal of Research on Technology in Education**, 42(3), 255-284, 2010.

EYSENCK, M.; EYSENCK, C. **Inteligência artificial x humanos: o que a ciência cognitiva nos ensina ao colocar frente a frente a mente humana e IA**. Porto Alegre: Artmed, 2023.

FAVA, R. **Trabalho, educação e inteligência artificial: a era do indivíduo versátil**. Porto Alegre: Penso, 2018.

GABRIEL, M. **Inteligência artificial: do zero ao metaverso**. Barueri, Atlas, 2022.

GOEMANN JR, G. R. **Uma abordagem social dos benefícios, riscos e desafios da IA**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022.

GRAESSER, A. C.; CHIPMAN, P.; HAYNES, B. C.; OLNEY, A. AutoTutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 612–618, 2008.

GULATI, S. Technology-enhanced learning in developing nations: **A review**. **The International Review of Research in Open and Distributed Learning**, 9(1), 1-16. doi:10.19173/irrodl.v9i1.477, 2008.

HOLSTEIN, K.; WORTMAN VAUGHAN, J.; DAUMÉ III, H. Improving fairness in machine learning systems: What do industry practitioners need? In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19). **Association for Computing Machinery**, New York, NY, USA, Paper 600. doi:10.1145/3290605.3300830, 2019.

KAPP, K. M. **The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education**. Pfeiffer, 2012.

LEE, K.; GIUFAN, C. **2041: como a inteligência artificial vai mudar a sua vida nas próximas décadas**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2022.

METZ, C. **Criadores de gênios: os inovadores que levaram a IA para o Google, Facebook e o mundo**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2022.

NEVES, B.C. **Inclusão digital na educação: ciborgues, hackers e políticas públicas**. Curitiba: CRV, 2020.

OCDE. **Inteligência Artificial na Sociedade**. Paris: OCDE, 2019.

PANE, J. F.; STEINER, E. D.; BAIRD, M. D.; HAMILTON, L. S. Informing progress: Insights on personalized learning implementation and effects. RAND Corporation, 2017.

PISCHETOLA, M. **Inclusão digital e educação: a nova cultura da sala de aula**. São Paulo: Vozes, 2016.

SANTAELLA, L. **A inteligência artificial é inteligente?** São Paulo: Edições 70, 2023.

SEABRA, I. **A inteligência artificial e o futuro da educação**. Nonsuch Media Pte. 2021.

SELWYN, N. Minding our language: Why education and technology is full of bullshit... and what might be done about it. Learning, **Media and Technology**, 44(3), 283-297, 2019.

SELWYN, N. Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide. **New Media & Society**, 6(3), 341-362, 2004.

SIEMENS, G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. **American Behavioral Scientist**, 57(10), 1380-1400, 2013.

TAULLI, T. **Introdução à inteligência artificial**: uma abordagem não-técnica. São Paulo: Novatec, 2020.

TONDEUR, J.; AESAERT, K.; PRESTRIDGE, S.; CONSUEGRA, E. A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies. **Computers & Education**, 122, 32-42. doi:10.1016/j.compedu.2018.03.008, 2017.

TURING, D. **A história da computação**: do ábaco à inteligência artificial. São Paulo: M. Books do Brasil, 2019.

UNESCO. Global education monitoring report 2020: Inclusion and education: All means all. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373718>, 2020.

VAN DIJK, J. A. **The Deepening Divide**: Inequality in the Information Society. Sage Publications, 2005.

WARSCHAUER, M. **Technology and Social Inclusion**: Rethinking the Digital Divide. MIT Press, 2004.

WELLER, M. Twenty years of Edtech. **EDUCAUSE Review**, 53(4), 34-48. Retrieved from <https://er.educause.edu/articles/2018/7/twenty-years-of-edtech>, 2018.

ZAWACKI-RICHTER, O.; MARIN, V. I.; BOND, M.; GOUVERNEUR, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, 16(1), 39. doi:10.1186/s41239-019-0171-0, 2019.