

CIEB • NOTAS TÉCNICAS • #21

**Inteligência
artificial na
educação básica:
novas aplicações
e tendências para
o futuro.**

Sobre o CIEB

O Centro de Inovação para a Educação Brasileira (CIEB) é uma organização sem fins lucrativos cuja missão é promover a cultura de inovação na educação pública, estimulando um ecossistema gerador de soluções para que cada estudante alcance seu pleno potencial de aprendizagem. Atua na integração de múltiplos atores e diferentes ideias em torno de uma causa comum: inovar para impulsionar a qualidade, a equidade e a contemporaneidade da educação básica brasileira.

CIEB Notas Técnicas

O CIEB Notas Técnicas é uma série que contém análises sobre temas atuais relacionados à inovação na educação pública brasileira. São reflexões e conceitos gerados pela equipe do CIEB ao longo do desenvolvimento de projetos, e compartilhados com o intuito de contribuir para o debate público.

Sobre este documento

Esta Nota Técnica é resultado do trabalho do CIEB em parceria com Dra. Rosa Maria Vicari¹, Dr. Christian Brackmann², Dr. Cristiano Galafassi³ e Dr. Lucas Mizusaki⁴, para aprofundar o debate e as implicações da utilização de inteligência artificial na educação básica brasileira, com base em análises conceituais dedicadas a apresentar um panorama de caminhos para a integração responsável e assertiva dessa tecnologia no contexto brasileiro.

Inteligência artificial na educação básica [livro eletrônico] :
novas aplicações e tendências para o futuro / coordenação
Izabella Cavalcante. -- São Paulo : Centro de Inovação Para
Educação Brasileira -- CIEB, 2024. PDF

Vários colaboradores.

Bibliografia.

ISBN 978-85-93710-07-0

1. Educação básica 2. Inteligência artificial - Aplicações
educacionais 3. Tecnologia educacional I. Cavalcante, Izabella.

24-211052

CDD-371.334

Como citar este documento?

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. CIEB: Notas Técnicas #21 Inteligência artificial na educação básica: novas aplicações e tendências para o futuro. São Paulo: CIEB, 2024. *E-book* em PDF.

- 1 Doutora em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Universidade de Coimbra. Professora titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atua na área de Ciência da Computação, principalmente nos seguintes temas: sistemas multiagentes, sistemas tutores inteligentes, informática na educação e educação a distância. Coordena a Cátedra na área de TICs, da UNESCO, para a América Latina.
- 2 Doutor em Informática na Educação pela UFRGS. É professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha. É coautor do “Currículo de Referência em Tecnologia e Computação”, do CIEB, e articulador/validador da norma “Computação – Complemento à BNCC”.
- 3 Doutor em Informática na Educação pela UFRGS. É professor adjunto da Universidade Federal do Pampa, atuando na área de Inteligência Artificial na Educação e Aprendizado de Máquina.
- 4 Doutor em Informática na Educação, mestre em computação aplicada e bacharel em Engenharia de Computação. Atua nas áreas de tecnologia no ensino, robótica educativa e formação de professores.



Este trabalho está licenciado sob uma licença CC BY-NC 4.0. Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem obras derivadas sobre a obra original, contanto que atribuam crédito ao autor corretamente e não usem os novos trabalhos para fins comerciais. Texto da licença: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Índice



1. Inteligência artificial e suas implicações na educação básica	04
2. Mas, afinal, o que é IA?	07
3. IA generativa e suas potencialidades para a educação	11
4. Adoção de IA na educação	12
5. Como introduzir a IA na sala de aula?	14
6. Ética e inteligência artificial na escola	17
7. IA na educação no Brasil e no mundo	18
8. Conclusão	21
9. Referências bibliográficas	22

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Alessio Costa Lima – Conselheiro Independente
Alexandre Barbosa – Conselheiro Independente
Ana Paula Pereira – Instituto Sonho Grande
Cláudia Costin – Conselheira Independente
David Saad – Instituto Natura (Presidente do Conselho de Administração)
Fabiana Prianti – B3 Social
Guilherme Cintra – Fundação Lemann
Lia Glaz – Fundação Telefônica Vivo
Lina Kátia Mesquita – Conselheira Independente
Luanna Roncaratti – Conselheira Independente
Patrícia Mota Guedes – Fundação Itaú
Ricardo Henriques – Instituto Unibanco
Roni Miranda – Conselheiro Independente
Seiji Isotani – Conselheiro Independente

CONSELHO FISCAL

Carlos Correa – Conselheiro Independente
Cynthia Lopes – Conselheira Independente
Vera Gaspari Monteiro – Conselheira Independente

EXPEDIENTE

Diretoria Executiva – Julia Sant’Anna
Supervisão – Guilherme Soares
Coordenação geral – Izabella Cavalcante
Operação técnica e organização – Mariana Pereira da Silva
Redação e parceria técnica – Dra. Rosa Maria Vicari, Dr. Christian Brackmann, Dr. Cristiano Galafassi e Dr. Lucas Mizusaki
Revisão – Fabiana Teixeira Lima
Projeto gráfico e diagramação – Casa de Ideias

1. Inteligência artificial e suas implicações na educação básica

A inteligência artificial (IA) está cada vez mais presente na vida cotidiana, mesmo que a população em geral ainda não tenha uma boa compreensão do que ela é, quais são suas potencialidades, seus limites e riscos. Com esse avanço, surge a necessidade de letramento em IA, a fim de garantir seu uso para o trabalho, o exercício da cidadania e até mesmo para a expressão individual. Por outro lado, a falta de conhecimento sobre a IA pode levar a riscos como a exposição de dados pessoais, a vulnerabilização digital¹ e o desequilíbrio de poder entre usuários e corporações ou governos que disponibilizam essas ferramentas. Por esse motivo, o letramento em IA é uma competência a ser desenvolvida desde o ensino básico.

Segundo a Unesco (2022), o letramento em IA é composto de três componentes principais: letramento em dados, letramento em algoritmos e letramento em modelos. Esse conceito pode ser introduzido no ensino fundamental, já que uma parcela significativa da população cresce familiarizada com a tecnologia, principalmente por meio do uso de *smartphones*². É difícil imaginar um futuro sem a tecnologia, especialmente com novos recursos surgindo diariamente, desde *smartphones*, carros e robôs autônomos até reconhecimento de imagem e *chatbots*³. Ao serem adotadas por agentes privados e estatais, essas tecnologias se tornarão indispensáveis para o mundo do trabalho e o exercício da cidadania. A figura 1 mostra como a IA está presente em nosso dia a dia.

Figura 1. Presença da IA no dia a dia



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

O desafio é como ensinar IA nas escolas. Considerando o amplo emprego desses sistemas e o fato de que os estudantes os utilizam para resolver tarefas escolares, é fundamental integrar a IA na educação de forma consciente. Nesse sentido, propõem-se dois eixos: o de pensar com a IA e pensar sobre a IA.

O eixo de pensar com a IA consiste em usar a tecnologia para resolver problemas e integrá-la às práticas educativas. Assim, elas não substituem os estudos tradicionais, mas os complementam, numa espécie de trabalho em equipe mista (sistemas de IA e humanos), trazendo mais informações e permitindo o desenvolvimento dos estudantes. Por outro lado,

com base nessas experiências, pode-se desenvolver um conhecimento mais profundo sobre essa tecnologia, demonstrando para os estudantes quais elementos estão por trás das interfaces que eles usam (dados, algoritmos e modelos). Essa abordagem é o que chamamos de pensar sobre a IA, que envolve entender a infraestrutura tecnológica e se integrar ao mundo digital. Ao reconhecer as limitações materiais e as dificuldades técnicas relativas ao acesso às tecnologias (que exigem pagamento, licenças, cadastros etc.), essas atividades podem ser planejadas de forma plugada, ou desplugada⁴. Dessa forma, todas as escolas poderão ser parte do processo, independentemente de seus recursos tecnológicos.

1 Mais informações em: <https://www.conjur.com.br/2020-jun-23/tribuna-defensoria-acesso-justica-impactado-vulnerabilidade-digital/>

2 Mais informações em: <https://portal.fgv.br/noticias/uso-ti-brasil-pais-tem-mais-dois-dispositivos-digitais-habitante-revela-pesquisa>

3 *Chatbots* são programas de computadores projetados para simular conversas com usuários humanos.

4 Atividade plugada é a que envolve o uso da IA em computadores; a desplugada dispensa o uso de computadores.

A IA não é uma novidade. Ela surgiu no final da década de 1950 como uma área da Computação. Desde então, constituiu-se de forma multi e interdisciplinar, influenciando e sendo influenciada por outras áreas, como a Filosofia e a Ciência Cognitiva. Durante a sua existência, a IA passou por altos e baixos, com períodos de grande interesse e investimento, e outros de desinteresse e descrença. Atualmente, com o aprendizado de máquina baseado em grandes volumes de dados (*big data*) e com os *large language models* (LLMs, ou grandes modelos de linguagem), a área encontra-se em um novo período de expansão.

Big Data

É o nome dado ao conjunto de técnicas utilizadas para tratar dados em volumes massivos, visando à busca de padrões, tendências e associações.

A IA está presente em uma série de sistemas amplamente utilizados, de buscadores online a aplicativos de transporte, assim como em diversas formas de análise de dados. Ela já é uma realidade na vida das pessoas, transformando a maneira como nos comunicamos entre nós e com as máquinas. Esse impacto abrange o ensino e o mundo do trabalho, refletindo diretamente na economia⁵. A tabela 1 apresenta uma visão das tecnologias de IA utilizadas atualmente. Ela está organizada em três colunas que incluem as diferentes áreas da IA, seus impactos e alguns exemplos de aplicações. Cada área da IA contribui de maneira distinta para a evolução da tecnologia, impactando diferentes setores e oferecendo diversas aplicações práticas no cotidiano.

Tabela 1. Principais aplicações da IA

Área da IA	Impactos	Exemplos
Processamento de linguagem natural.	Interfaces de <i>chatbots</i> , reconhecimento de voz.	Sistemas de reconhecimento de voz, como Siri e Ok Google.
Aprendizado de máquina.	Sistemas capazes de aprender por meio de dados.	Análise de grandes quantidades de dados, sistemas de busca na internet, de reconhecimento de plágio, de recomendação de produtos etc.
Visão computacional.	Reconhecimento de imagem.	Sistemas de reconhecimento facial, realidade virtual ⁶ e aumentada ⁷ .
Raciocínio automatizado e representação de conhecimento.	Sistemas de recomendação e previsão.	Classificadores, sistemas de IA explicáveis, sistemas de conhecimento.
IA generativa ⁸ .	Geração de textos, imagens e vídeos.	Modelos de linguagem baseados em <i>transformers</i> ⁹ , como o OpenAI Chat GPT, Microsoft CoPilot, Google Gemini, Groq, entre outros.
Robótica inteligente.	Robôs e veículos autônomos.	Carros e robôs autônomos.

Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

5 O desenvolvimento da IA pode ser acompanhado em: <https://www.computacional.com.br/ia/linha-tempo.php>

6 Realidade virtual é uma tecnologia de interface entre um usuário e um sistema operacional utilizando recursos gráficos 3D ou imagens 360°, cujo objetivo é criar a sensação de presença em um ambiente criado por técnicas computacionais diferente do real (ambiente virtual 3D).

7 Realidade aumentada é uma tecnologia que permite aos estudantes usar a câmera do celular para apontar para uma figura e vê-la ampliada, possibilitando a visualização de detalhes e o estudo de forma mais clara e realista.

8 Optou-se pelo uso do termo “IA generativa” por ser usual na literatura técnica. No entanto, é importante ressaltar que também é comum encontrar o termo “IA gerativa”. Esse termo destaca o aspecto da IA de gerar previsões e conteúdo a partir de dados fornecidos, o que é uma característica central dessa tecnologia. Embora ambos os termos sejam usados, optou-se por “IA generativa” para manter a consistência com o uso predominante.

9 Os *Transformers* são uma arquitetura de aprendizado de máquina para processamento de linguagem natural. Um modelo transformer aprende o contexto com o monitoramento de relações em dados sequenciais, como as palavras utilizadas para esta explicação.

2. Mas, afinal, o que é IA?

A pergunta “O que é inteligência artificial?” é simples, a resposta, não. Muitos pesquisadores da área tentaram chegar a uma definição, mas o consenso é difícil. Existe um conjunto de características que compõem o que se considera inteligência artificial e onde a “mágica” acontece. No entanto, mesmo com essas considerações, se apresenta aqui uma definição atual para IA. Não se espera que todos os leitores concordem com ela.

“UM SISTEMA DE IA É PROJETADO PARA MÁQUINAS QUE, PARA OBJETIVOS EXPLÍCITOS OU IMPLÍCITOS, INFERE A PARTIR DA ENTRADA QUE RECEBE, COMO GERAR PREVISÕES, CONTEÚDO, RECOMENDAÇÕES OU DECISÕES (SAÍDAS) QUE PODEM INFLUENCIAR AMBIENTES FÍSICOS OU VIRTUAIS”.

“DIFERENTES SISTEMAS DE IA VARIAM EM SEUS NÍVEIS DE AUTONOMIA E ADAPTABILIDADE APÓS SUA IMPLANTAÇÃO”.

Esse conceito, apresentado por Russell, Peres e Grobelnik (2023), incorpora as mudanças pelas quais a IA tem passado e destaca que ela é projetada para máquinas. Dessa forma, não é mais necessário usar a inteligência humana como referência para a IA. Ou seja, para os autores, “inteligência” de máquina é uma coisa, inteligência humana é outra. Também se introduz a ideia de que sistemas de IA têm objetivos a serem alcançados, que podem ser explícitos, pois foram deliberadamente programados pelos desenvolvedores da IA, ou implícitos, aprendidos com base nas entradas (dados) recebidas pelos algoritmos. Isso é possível por meio de técnicas de aprendizado de máquina (*deep learning*¹⁰) que permitem a análise de grandes conjuntos de dados sem supervisão humana.

O conceito também deixa claro que a IA gera previsões que podem ser completas, incompletas, corretas, parcialmente corretas ou incorretas. Isso também contempla a IA generativa em que as saídas são, em geral, conteúdos. Da mesma forma, a IA objetiva influenciar ambientes físicos (por exemplo nós humanos ou robôs) ou virtuais (sistemas de computação e outros sistemas de IA).

É um engano imaginar que a IA funciona como a inteligência humana e que é capaz de operar em qualquer domínio possível, pois isso ainda está muito longe da realidade. Apesar de ser um conceito difundido, é importante ressaltar **que o grau de inteligência de um sistema de IA varia de acordo com a complexidade do problema em que está sendo utilizado.**

Até pouco tempo costumava-se utilizar o chamado **Teste de Turing**¹¹ para avaliar a “inteligência” de um sistema de IA. Esse teste representou um marco fundamental no campo da IA e da filosofia da mente. Proposto como uma maneira de abordar a questão “Podem as máquinas pensar?”, o teste desafia a capacidade das máquinas de exibir comportamento inteligente indistinguível do comportamento humano. Ao estabelecer critérios para avaliar a IA, o Teste de Turing não apenas impulsionou o desenvolvimento de sistemas computacionais mais sofisticados, mas também provocou debates sobre a natureza da mente, da consciência e da própria inteligência. Embora, atualmente, os sistemas de IA consigam bons desempenhos em diálogos com humanos (Jones e Bergen, 2024), esse teste tem seu valor histórico.

10 *Deep learning* (ou aprendizado profundo) é uma técnica de aprendizado de máquina que utiliza sistemas avançados para aprender com os dados, empregando aprendizado supervisionado ou por reforço. O *deep learning* é amplamente utilizado em análise de imagens, ajudando a distinguir, por exemplo, maçãs de bananas.

11 Nome dado em homenagem ao matemático e pioneiro da computação, Alan Turing.

2.1 Então, como funciona a IA?

Os principais componentes da inteligência artificial são dados, algoritmos e modelos. Dessa forma, o letramento em IA envolve o letramento em dados, em algoritmos e em modelos (ver figura 2). Ao juntar dados, algoritmos e modelos, a “mágica” acontece.

Figura 2. Letramento em IA



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

● Dados

A IA atual aprende com grandes volumes de dados (*big data*). É necessária uma coleção de dados para treinar o sistema, pois serão esses dados que definirão seu domínio e sua finalidade.

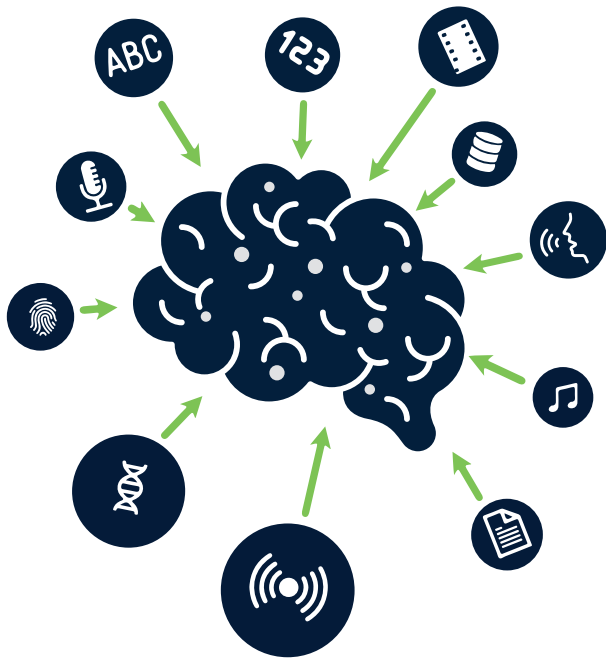
Os dados podem ser de qualquer tipo, processáveis em um computador (ver figura 3), incluindo coleções de arquivos digitais que representam textos, imagens, vozes, vídeos, dados de sensores, assim como metadados (por exemplo data de criação, autor, duração, entre outros) e relações, assim como bancos de dados tradicionais. Esses dados podem ser usados de forma coletiva, e atualmente trabalha-se com os chamados grandes dados. O reconhecimento de padrões é a capacidade de associar algum objeto (ou parte dele), concreto ou conceitual, a padrões familiares que permitem identificá-lo e classificá-lo em categorias específicas.

Conhecimento

O conhecimento é fundamental para a IA. Na década de 1970, os desenvolvedores de sistemas de IA buscavam transferir o conhecimento de especialistas humanos para a máquina. Esse processo chegou a alguns resultados aceitáveis, os chamados sistemas especialistas. No entanto, o processo era difícil e impreciso. Com os avanços do aprendizado de máquina, os sistemas de IA passaram a aprender com os dados, um processo mais ágil e preciso.

Um exemplo de sua aplicação está em sistemas tutores inteligentes; pode-se usar *big data* para a análise de perfil de estudantes, diagnosticando possíveis tendências de abandono de cursos a distância.

Figura 3. Um sistema de IA necessita de dados de treinamento



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024) .

Por esse motivo, um dos eixos do letramento em IA é o letramento em dados. É muito importante conscientizar os estudantes de que a IA precisa de dados com os quais será treinada. No caso de sistemas tutores inteligentes, quanto mais a IA conhecer cada estudante, melhor ela será capaz de ajudá-lo a atingir seus objetivos de aprendizagem e adaptar materiais para suas necessidades. A personalização da IA, quando alimentada com dados precisos, resulta na criação de sistemas mais adequados às necessidades individuais dos estudantes.

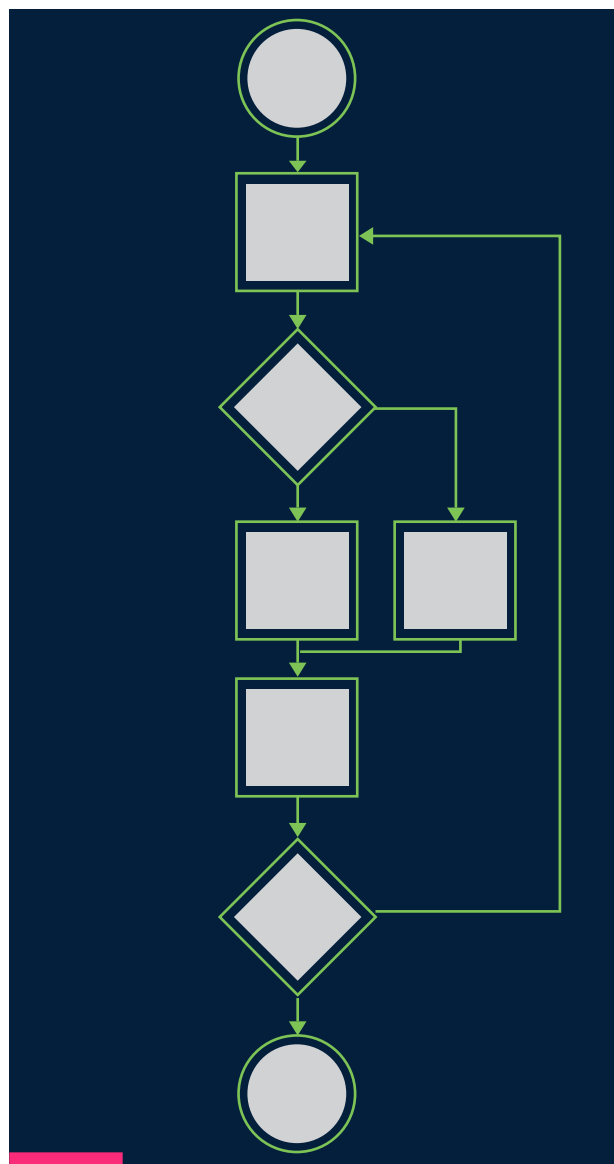
Por outro lado, os dados pessoais movimentam uma nova economia e, por isso, é preciso conscientizar os estudantes de que seus dados (tanto pessoais, quanto de suas produções) são um tesouro que precisa ser protegido. O uso de redes sociais e plataformas se tornou cotidiano, e a maior parte desses serviços coleta informações pessoais. A disponibilidade de dados sobre usuários permite mapear a personalidade, os interesses, os gostos, os relacionamentos e até mesmo a rotina de uma pessoa. Esse perfil permite o *marketing* direcionado para a sugestão de produtos específicos, transformando o usuário em um produto vendido pela rede e pode ser usados para influenciar o comportamento humano. Há uma série de discussões relativas à ética, à propriedade intelectual, à proteção de imagem e à privacidade na era digital, mas não bastam regulações, como a Lei Geral de

Proteção de Dados Pessoais (LGPD); é necessário educar, discutir práticas, apontar os riscos e os agentes responsáveis. Cidadãos conscientes estarão atentos à aplicação da legislação.

● Algoritmos

A matemática fornece uma linguagem formal e universal. É por meio dela, a Computação constrói modelos chamados de algoritmos. Embora possam ser descritos em diferentes níveis de abstração, com linguagens específicas que focam apenas nos elementos essenciais e relevantes, os algoritmos são sequências finitas de passos que levam a um determinado resultado. Pode haver complicações, como sequências condicionais e laços de repetição, mas todos os passos são definidos e podem ser compreendidos por uma máquina. A figura 4 apresenta os passos de um algoritmo tradicional.

Figura 4. Algoritmo tradicional



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024) .

Os algoritmos de IA se diferenciam da computação tradicional porque podem ajustar-se de forma automática, corrigindo seu funcionamento e adaptando-se ao mundo (físico ou virtual)¹², o que é chamado de treinamento. Eles também podem operar com base em objetivos explícitos, programados pelos desenvolvedores, ou de objetivos implícitos, aprendidos com dados fornecidos. Algoritmos de IA aprendem com dados, ganhando um grau de autonomia para adaptar o seu funcionamento à realidade e até operar por conta própria. Somado à discussão anterior, também se destaca o **aprendizado de máquina**, do inglês *machine learning*, que consiste em um conjunto específico de algoritmos que aprendem de diferentes maneiras. Por meio do processamento de dados, eles identificam padrões, fazem generalizações e restrições, formando o conhecimento de um sistema de IA, que serve como base para suas previsões, decisões e ações. O aprendizado é a essência da IA e a diferencia da computação tradicional, permitindo aos sistemas de IA se adaptarem a novas situações.

● Modelos

Quando interagimos com uma IA, estamos, na verdade, interagindo com um modelo computacional. Eles são uma representação simplificada e abstrata da realidade, que permite aos computadores compreender e tomar decisões sobre o mundo (físico ou virtual). É a forma como a IA atua. Pense no modelo como uma espécie de mapa ou guia, que organiza e dá sentido aos dados brutos recebidos pela máquina. Por exemplo, ao se utilizar um aplicativo de tradução, é o modelo que permite ao aplicativo entender o que está sen-

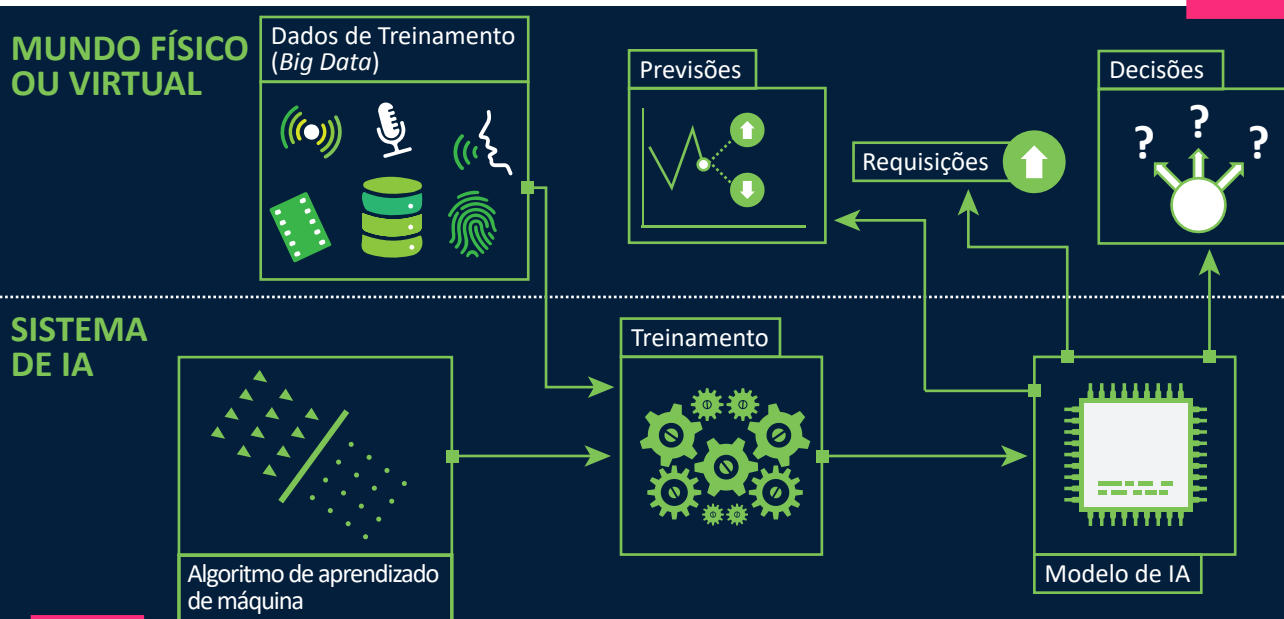
do dito em uma língua e fornecer a tradução correspondente em outra. O modelo é o resultado do aprendizado de máquina, do treinamento com dados para reconhecer padrões e fazer previsões ou decisões baseadas nesses padrões.

Imagine que uma criança está aprendendo a reconhecer animais. Para isso, ela observa várias fotos de cães e gatos que lhe são mostradas e ouve explicações sobre as diferenças entre eles. Com o tempo, a criança aprende a identificar um cachorro ou um gato, mesmo quando vê um animal novo. Da mesma forma, um modelo de IA é treinado com muitos exemplos (dados) e aprende a fazer distinções ou previsões. Esse aprendizado é o que permite ao modelo, por exemplo, identificar objetos em uma fotografia, prever o tempo, ou mesmo conversar com os usuários de maneira “inteligente”, como em um *chatbot*. Note que alguns modelos foram treinados de forma implícita, criando as suas classificações de forma automática com base em seus dados.

Todo modelo de IA faz uma representação parcial do mundo. Logo, ele não é perfeito, mas melhora com mais dados e refinamento, tornando-se cada vez mais preciso nas suas previsões e decisões. É importante reiterar isso para evitar antropomorfizações, já que a IA tem domínios e aplicações específicas, ao contrário da inteligência humana.

A figura 5 integra dados, algoritmos e modelos para ilustrar o conceito de IA adotado neste texto. Na parte superior da linha pontilhada, encontra-se o mundo virtual ou físico, onde os sistemas capturam dados e realizam ações (entradas e saídas). Os dados obtidos passam por processo de treinamento e são utilizados para a tomada de decisões, para previsões ou realização de novas requisições (por exemplo, interação com o usuário, sensores, entre outros).

Figura 5. Sistemas de IA



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

12 A IA pode interagir com o mundo físico, mas também pode ser pensada para interagir no mundo virtual, composto de dados, programas, interfaces e interações do usuário com o computador.

3. IA generativa e suas potencialidades para a educação

A inteligência artificial generativa é um campo relativamente novo que tem alcançado resultados significativos desde a década de 2010. Ela também tem sido o centro de uma onda de investimentos desde que foi apresentada ao público com sistemas como o ChatGPT e o DALL-E, em 2022. Essas plataformas constroem padrões por meio de treinamento em bases de dados, não apenas para identificar e prever, mas também para produzir novos textos, imagens e outras mídias. Essa criatividade traz capacidades surpreendentes, responsáveis pelo crescente interesse econômico na IA, e pode levar também à antropomorfização. Na prática, a IA generativa funciona essencialmente como qualquer outro sistema de IA. No caso de um texto, ela utiliza um conjunto de probabilidades para prever as palavras que esse texto deve ter. Um dos avanços na área foi o uso de mecanismos de atenção¹³, aprimorando a capacidade de criar relações de segunda ordem entre os dados recebidos (por exemplo, palavras vizinhas), criando contextos.

As IAs generativas costumam ser usadas por meio de *chatbots*. Se antes eles podiam ser usados para atendimento a clientes e em funções de marketing, automatizando tarefas com base em *scripts*¹⁴ rígidos, agora eles são capazes de compreender temas e manter conversas sobre assuntos diversos. Mais do que isso, podem identificar comandos e disparar ações em outros programas e aplicações, além de realizar tarefas multimodais, lidando com informação multimídia, como descrever fotos ou criar imagens a partir de *prompts*¹⁵.

Os LLMs, motores de plataformas como ChatGPT, Notion, Bing CoPilot, Gemini, Llama e Grok são treinados em enormes bases de dados, tornando-se capazes de resolver uma ampla variedade de problemas e questões por meio de conversas em linguagem natural. Essas plataformas não são compostas de apenas um modelo, mas da interação de vários modelos diferentes, constantemente ajustados pelas empresas que os disponibilizam; talvez apresentem até mesmo um modelo de seu usuário, como os usados em sistemas educacionais.

Essas tecnologias têm muitos usos, e não se limitam à geração de textos e imagens. Elas também podem resumir informações (correlacionando várias fontes), reescrevê-las

e até mesmo recontextualizá-las. É possível, por exemplo, pedir a uma IA generativa que escreva um texto simulando um gênero ou mesmo um autor. Da mesma forma, ela pode criar imagens simulando um movimento artístico e inserir elementos que o usuário lhe pedir. Atualmente, surgem algumas discussões ao redor disso, como as explicitadas a seguir.

- 1. Propriedade intelectual:** Uma controvérsia recente sobre a IA está relacionada à propriedade intelectual, tanto no que diz respeito aos dados com os quais ela foi treinada, como aos resultados por ela produzidos. No momento, há o entendimento de que a IA, por não ser humana, não possui direitos de propriedade intelectual, e o regulamento sobre a IA da União Europeia, primeira legislação de regulamentação sobre a tecnologia, determina que as fontes de dados devem ser catalogadas, para o caso de haver infração de direitos de autor¹⁶. Empresas têm tomado alguns cuidados para impedir que sistemas generativos copiem trabalhos ou citem informações pessoais em suas criações.
- 2. Confiabilidade:** As IAs também apresentam vieses e podem errar. Portanto, há um problema de confiabilidade no uso de IA para o trabalho e para o estudo. Como saber se a informação gerada por uma síntese de vários documentos é precisa e correta? No caso da IA generativa, um fenômeno específico que ocorre é a alucinação (Yao, J. *et al.*, 2023), ou seja, a geração de conteúdos que não estavam disponíveis nas bases de treinamento.
- 3. Autoria:** Especificamente no contexto da educação, há o risco de a IA generativa ser usada não apenas para criar trabalhos que os estudantes deveriam realizar, mas também para responder questões colocadas pelo professor. Embora essas tecnologias possam enriquecer o trabalho dos estudantes, fornecendo ideias ou complementado com imagens, vídeos, entre outros, elas podem influenciar o pensamento crítico e, conseqüentemente, o aprender. Há ferramentas de verificação para conteúdos gerados por IA, mas elas têm

13 Mecanismo de atenção é uma técnica utilizada em modelos de IA que permite ao modelo focar em partes específicas dos dados de entrada, destacando relações e contextos relevantes. Isso é particularmente útil em tarefas de processamento de linguagem natural, em que a compreensão do contexto é crucial para obter resultados precisos.

14 *Script* é um texto com uma sequência de instruções, escritas para serem seguidas pelos programas de computador.

15 *Prompt* é um conjunto de palavras (entradas) que ajuda a IA generativa a gerar o conteúdo de saída.

16 <https://www.herbertsmithfreehills.com/insights/2024-03/the-IP-in-AI-can-AI-infringe-IP-rights>

algumas limitações e podem apresentar falsos positivos, principalmente se os textos forem alterados pelos estudantes (Walters, 2022).

Se os problemas colocados parecem apontar que a solução seja a proibição do uso de IA generativa no ensino, é importante salientar que essa tecnologia já é comum em outros setores da sociedade e que agora está se tornando comum também na educação. Na área da programação, ferramentas como o GitHub CoPilot são capazes de gerar análises, sugestões e até mesmo códigos para um programador.

4. Adoção de IA na educação

Na educação, a IA desempenha um papel crucial na pesquisa e no desenvolvimento de sistemas educacionais, buscando simular processos mentais e aprendizagem humana. A força desses sistemas reside na adaptação às necessidades dos estudantes, proporcionando personalização. Os rápidos avanços da IA abrem oportunidades para experiências personalizadas e imersivas, como a realidade virtual e a realidade aumentada, expandindo os limites da sala de aula.

Com a popularização da IA em vários aplicativos de dispositivos móveis, carros e produtos rodando em nuvem, o acesso à IA tem se tornado cada vez mais democrático. Ela está moldando mudanças na prática pedagógica e nas políticas educacionais. Consequentemente, novas abordagens são necessárias para aproveitar esse potencial de forma segura e responsável. Para avançar na prática da IA na educação, é fundamental considerar o letramento em IA, garantindo que todos tenham acesso equitativo, justo e ético à tecnologia, levando em consideração as desigualdades educacionais.

Tradicionalmente, as principais aplicações da IA na educação são os sistemas tutores inteligentes – STIs (do inglês, *intelligent tutor systems*). Esses sistemas têm diferentes formas de serem desenvolvidos em termos das tecnologias de IA que utilizam. Mas, independentemente de seguirem a forma clássica ou de serem implementados por meio da tecnologia de agentes, esses sistemas são dedicados (fechados em um domínio, por exemplo, no ensino de equações lineares). Do ponto de vista educacional, os STIs fornecem devolutivas em tempo real, identificando áreas nas quais os estudantes podem ter dificuldades e oferecendo assistência direcionada. Por exemplo, eles podem sugerir exercícios específicos para reforçar conceitos ainda não compreendidos, fornecer dicas e explicações adicionais quando um estudante estiver com dificuldades em determinado conteúdo, gerar livros personalizados em tempo real, além de adaptar o ritmo das lições de acordo com o progresso da aprendizagem, permitindo intervir em lacunas no desenvolvimento do estudante de maneira individualizada.

Essa colaboração humano-IA aumenta consideravelmente a produtividade de programadores, de acordo com seu grau de aceitação da tecnologia, mesmo que a qualidade do *software* gerado ainda seja comparável com a do *software* escrito por um ser humano (Chinthapatla, 2024). A IA generativa também traz a automação para áreas que antes eram consideradas exclusivamente humanas. E professores também podem usá-la como uma forma de acelerar o próprio trabalho (Vijay *et al.*, 2021). No momento, a máxima é que a IA generativa deve “auxiliar o trabalho sem substituir o trabalhador (ou estudante)”.

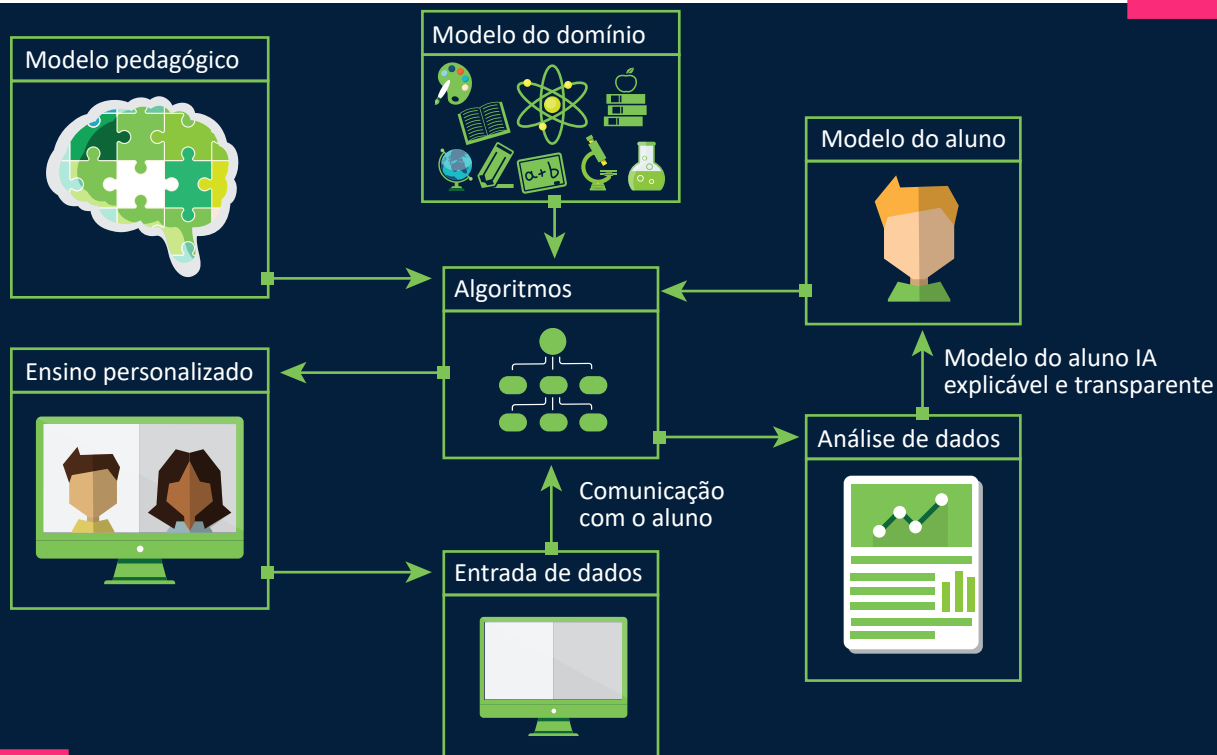
Um STI é composto de diversos componentes (ver figura 6), com destaque para o modelo pedagógico, o modelo do domínio e o modelo do aluno. O modelo pedagógico engloba as estratégias e as táticas pedagógicas que serão utilizadas na mediação da aprendizagem do conteúdo proposto. O modelo do domínio reúne o conteúdo que será ensinado (por exemplo geografia do Brasil, análise sintática, equações lineares, entre outros). Já o modelo do aluno traz elementos sobre o conhecimento do estudante acerca do domínio (o que ele já conhece do conteúdo a ser abordado), informações pessoais (nome, idade, ano escolar, desempenhos em cursos anteriores etc.), dados de desempenho no curso (acertos, avanços, dificuldades etc.), estilo preferido de aprendizagem, entre outros.

Além desses componentes, é fundamental que o STI se comunique de forma eficaz e amigável com os estudantes. Por meio dessa comunicação, o STI envia conteúdo de forma personalizada e obtém devolutivas, a fim de promover o aprendizado de maneira adequada. Vale destacar que os STIs devem ser explicáveis e transparentes. Em outras palavras, tanto os estudantes quanto o professor podem visualizar qual modelo o STI gerou e de que forma ele contribui para o processo de aprendizagem.

Agentes

Em computação, um agente é um programa de computador autônomo, que observa o ambiente por meio de sensores e utiliza suas observações para planejar e atuar nesse ambiente, de modo a atingir e atualizar seus objetivos. No caso da educação, esses agentes são chamados de agentes pedagógicos e têm o objetivo de apoiar a aprendizagem dos estudantes (Jaques e Vicari, 2005). Um agente pedagógico pode interagir com o estudante utilizando diferentes papéis e estratégias.

Figura 6. Modelo de um Sistema Tutor Inteligente



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024) .

Recentemente, desenvolvedores passaram a substituir o domínio específico de um STI¹⁷ por um LLM. Essa tendência, por um lado, amplia a capacidade do sistema tutor de resolver problemas em diversas áreas, uma vez que ele é alimentado por um LLM. Por outro lado, essa abordagem pode tornar o conteúdo fornecido aos estudantes mais vulnerável. A vulnerabilidade vai depender da fonte de dados com os quais o LLM em questão foi treinado. Outro tipo de sistemas, muito utilizado durante a pandemia do covid-19, é o dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (do inglês, *Learning Management Systems – LMS*). Muitas dessas plataformas, verdadeiros ecossistemas educacionais, também utilizam tecnologias de IA e podem ser customizadas. Por exemplo, uma escola pode optar por incluir as seguintes tecnologias em sua licença: recursos de realidade virtual, realidade aumentada, consulta a um *chatbot*, personalização do ensino etc. Quando um usuário opta pelo componente de personalização do ensino (similar ao que acontece em um STI), o número de estudantes que a plataforma comporta fica reduzido para entre 80 e 100.

Também existem outras tecnologias da Ciência de Dados que têm aplicações educacionais, como *learning analytics*, que visa à utilização de dados educacionais para analisar e melhorar, por exemplo, o desempenho dos estudantes. Essencialmente, trata-se de coletar e interpretar grandes quantidades de dados gerados durante o processo de ensino e aprendizagem. Assim como no aprendizado de máquina,

para se obter uma boa análise é preciso garantir a qualidade e a quantidade dos dados coletados. Todos os LLMs citados no texto utilizam *learning analytics*.

Considere uma escola de ensino médio que realiza muitos testes para preparar os estudantes para o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Todos os dados gerados pelos testes realizados ao longo dos três anos de formação são coletados digitalmente. Esses dados podem dar uma visão detalhada do desempenho de cada estudante, de cada turma e de cada escola. Ou seja, com o uso de técnicas de *learning analytics*, é possível gerar análises e interpretações que auxiliam estudantes, professores, gestores escolares e governos a entenderem o desempenho de grupos de estudantes em uma escola, região ou em todo o país. Logo, as informações obtidas por meio de *learning analytics* podem ajudar a definir estratégias para melhorar os resultados, tanto coletivos quanto individuais. Por exemplo, se for identificado que o desempenho em um componente é insatisfatório, pode-se aprimorá-lo. A técnica de *learning analytics*, se bem utilizada, traz benefícios para todos. Para os estudantes, pode proporcionar um aprendizado mais personalizado e eficaz. Para os professores, pode oferecer uma visão do progresso dos estudantes e auxiliar a identificar áreas que precisam de mais atenção. E para os gestores, pode fornecer subsídios para a tomada de decisões estratégicas e a definição de políticas educacionais.

17 Uma lista de STIs mais usados atualmente pode ser encontrada em www.ianaescola.com.br/ferramentas.

5. Como introduzir a IA na sala de aula?

Existem diferentes propostas para a introdução da inteligência artificial nas escolas. Muitos laboratórios e pesquisadores individuais apresentam propostas de currículos ou de atividades para esse fim (ver tabela 2). Entende-se que o nível de letramento em IA esperado de estudantes da educação básica ao ensino superior varia muito. (Su *et al.*, 2022). Portanto, espera-se que as crianças estejam familiarizadas com os conceitos fundamentais da IA (Su, 2022), enquanto os estudantes do ensino médio devem ter uma compreensão maior sobre a IA e ser capazes de utilizar aplicações para resolver problemas escolares, além de desenvolver pensamento crítico a respeito das previsões, recomendações e decisões realizadas por esses sistemas (Shamir e Levin, 2022). Exemplo de propostas para a educação infantil são encontrados em Kandhofer *et al.* (2016). Os autores utilizam a abordagem de aprendizagem baseada na descoberta e na pesquisa, incorporando atividades de narração de histórias. Outra experiência de introdução da IA na educação infantil vem de Hong Kong e é apresentada em Su e Yang (2023). Já para o ensino médio, existem propostas de currículo projetado com base no pensamento computacional, que utiliza a IA do dia a dia para introduzir os conceitos básicos da IA (Vicari *et al.*, 2022). O MIT Media Lab (*Massachusetts Institute of Technology*) também tem propostas de currículos da educação infantil ao ensino médio (Payne, 2019), organizados por temas. Por exemplo, na educação infantil, o tema abordado é “Ética na IA”, enquanto no ensino médio, o tema é “Dançando com a IA”. A Unesco (2022) também apresenta um estudo sobre o letramento em IA, e o Unicef (2021) traz recomendações para o uso de IA com os jovens. Todas essas propostas visam ao letramento em IA, contemplando dois aspectos principais: o técnico, que pode ocorrer

de forma conectada, desconectada ou mista, de acordo com a idade dos estudantes e das possibilidades de cada escola; e o aspecto organizacional, que pode ocorrer por meio da criação da disciplina de IA, de sua abordagem de forma transversal às demais disciplinas e de sua inclusão em uma disciplina pré-existente.

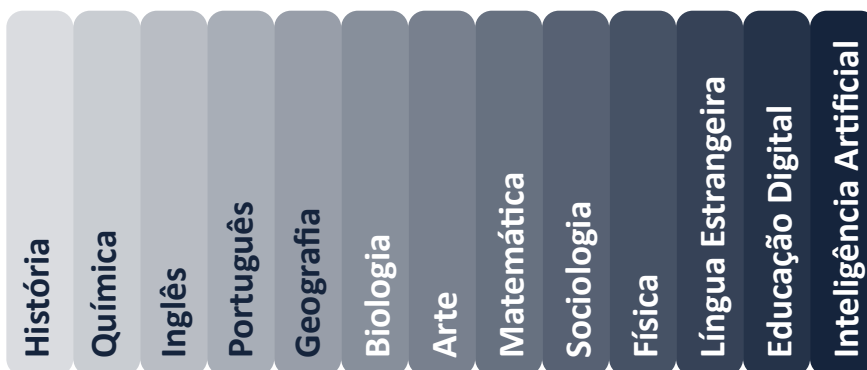
Do ponto de vista técnico:

- **IA conectada (“plugada”)**
Se a opção for realizar o letramento em IA por meio do modo conectado/plugado (Isotani *et al.*, 2023), existem muitas tecnologias disponíveis (gratuitas ou pagas) que podem ser utilizadas em sala de aula¹⁸.
- **IA desconectada (“desplugada”)**
Se a opção for pelo letramento desconectado/desplugado, os professores encontram sugestões de atividades que desenvolvem o pensamento computacional e o pensamento em IA em Brackmann (2017) e Brackmann (2024).

Do ponto de vista organizacional, a IA é introduzida no ensino das seguintes maneiras:

- **Criação de disciplina específica para a IA**
Essa abordagem envolve a criação de uma disciplina (componente curricular) específica dedicada exclusivamente ao estudo da IA (ver figura 7). Essa opção não apenas fornece aos estudantes uma melhor compreensão da IA, mas também os prepara para carreiras na área de tecnologia e inovação. Com a crescente demanda por profissionais qualificados na área, essa disciplina se torna cada vez mais relevante e estratégica para o futuro.

Figura 7. Disciplina específica para a IA



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

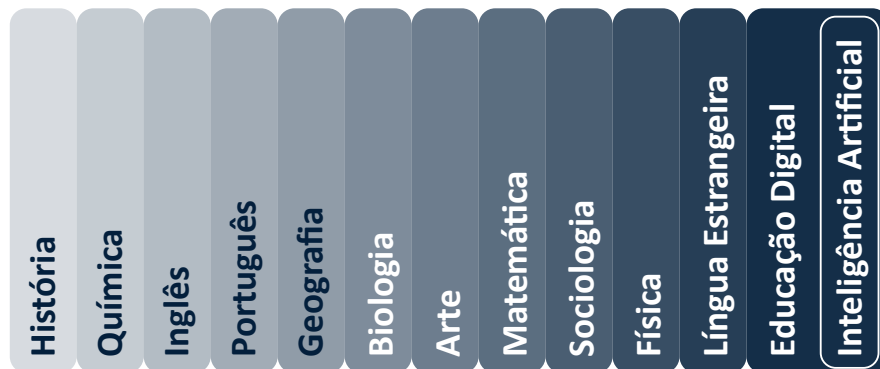
18 Uma breve lista de sites, plataformas e aplicativos está disponível em www.ianaescola.com.br/ferramentas.

- **Inclusão da IA em um componente curricular pré-existente**

Em vez de criar um componente curricular, essa abordagem integra conceitos e práticas de IA nos compo-

nentes curriculares já existentes de Educação Digital, Computação e Robótica (ver figura 8). Essa integração permite aos estudantes entender a IA como uma tecnologia que pode ser aplicada em vários contextos, em vez de um tópico isolado.

Figura 8. IA como componente curricular



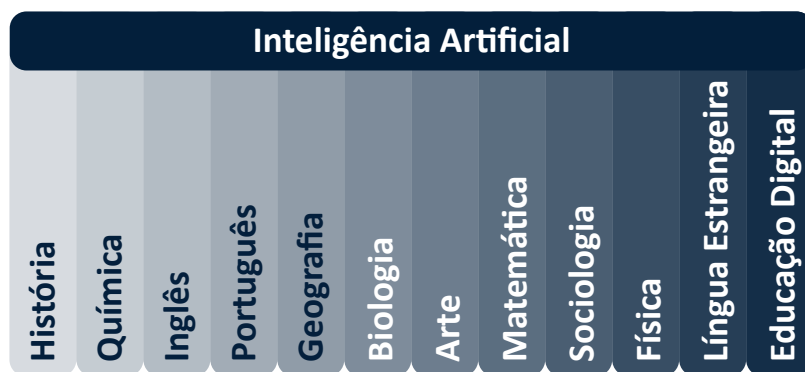
Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

- **Adoção transversal em outras disciplinas**

Essa abordagem incorpora conceitos de IA em diversas disciplinas, além das aulas de Educação Digital, como Matemática, Ciências, Estudos Sociais, Arte, entre outros (ver figura 9). Nessa opção, a IA é utilizada como uma tecnologia para enriquecer o

ensino e a aprendizagem, mostrando sua aplicação em contextos variados. Isso permite aos estudantes entender como ela pode ser aplicada no mundo real, aumentando assim sua compreensão sobre os conceitos que a caracterizam.

Figura 9. IA abordada de forma transversal



Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

Independentemente do caminho escolhido para a introdução da IA, ela exige dos professores a adoção de estratégias de ensino e aprendizagem que utilizem suas potencialidades para resolver problemas. A proposta é criar atividades e desafios em que essas tecnologias funcionam como auxiliares da educação, e não como “atalhos” para tarefas escolares. Por exemplo, a IA pode ser usada como uma provocação, ou seja, o professor pode gerar uma redação sobre um determinado assunto usando um modelo de IA

e apresentá-la aos estudantes, desafiando-os a aprimorar seus conhecimentos. Os estudantes também podem revisar a redação gerada pela IA, questionar as referências utilizadas, a abrangência do tema e se o tratamento do assunto é ético, equitativo e coerente. Assim, eles analisam como a IA resolveu o problema. Essa estratégia permite ao professor explicar o funcionamento dos modelos de IA e suas limitações, promovendo um pensamento crítico sobre as tecnologias.

Muitos estudantes já utilizam IAs generativas para resolver problemas escolares (Unesco, 2024), e muitos professores estão integrando esse recurso ao seu fluxo de trabalho. Nesse caso, a escola reflete as transformações do mundo atual. Como o propósito da educação brasileira inclui “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”¹⁹, entende-se que é necessário incluir o letramento em IA na educação básica, estendendo seu alcance para além da sala de aula.

A seguir são apresentadas sugestões para auxiliar os professores a planejar, organizar e introduzir a IA generativa na sala de aula. Para mais exemplos, consultar Vicari *et al.* (2023).

Pense em como músicos e artistas desenvolvem seu estilo. Eles se inspiram em seus mentores, incorporam suas influências favoritas e as emulam. Alguns artistas levam sua tela para um parque e pintam aquilo que veem. Quando os estudantes veem exemplos bons o suficiente, começam a saber o que esperar de uma boa escrita, de um bom raciocínio lógico. Eles veem os sinais disso e podem emular o exemplo, assim como um escritor ou pintor emula os grandes.

A IA consegue dar aos estudantes exemplos ilimitados de boa qualidade (observe que não são exemplos “grandiosos”, mas “bons”). O professor pode solicitar aos estudantes que escrevam um ensaio sobre um determinado tema. Então, voltar para a IA e pedir a ela que produza algo diferente, ou uma nova versão, especificando algo que se gostaria de ver no texto. Quando chegar a hora de os estudantes criarem algo próprio, assim como um artista ou músico ao estudar os grandes, ele irá tirar proveito dos exemplos que viu. De qualquer forma, é importante conscientizá-los de que a IA pode gerar dependência e que é necessário utilizar o recurso adequadamente.

O professor também pode recorrer à IA para auxiliar seu trabalho no cotidiano. Por exemplo, solicitar à IA que escreva planos de aula ou questões para uma avaliação, assim como dar instruções (*prompts*) para que ela gere charadas sobre um assunto a ser usado em aula. O professor pode fazer perguntas específicas sobre o currículo e pedir à IA para criar o plano. Não será perfeito, mas será um bom começo para quem está procurando ideias ou precisando de um esboço. Não é necessário usar tudo o que ela escrever, mas o conteúdo pode ser modificado ou usado como ponto de partida para melhorar. Durante a aula, a IA pode ser usada para facilitar as discussões entre os estudantes, fazendo perguntas e sugestões que estimulem o pensamento crítico e encoraje os estudantes a se envolver com o conteúdo.

Com base em algumas competências presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, Brasil, 2018 e 2022), é possível identificar que existe uma série de lugares nos quais o pensar com e o pensar sobre a IA encontram um terreno fértil para serem abordados. Ou seja, existem vá-

rias habilidades nas Normas sobre Computação na Educação Básica (complemento à BNCC) que têm estreita relação com a IA, abrangendo desde a educação infantil até o ensino médio. É importante ressaltar que, embora apenas o ensino médio apresente uma habilidade específica mencionando explicitamente a IA, é possível integrá-la de forma transversal em qualquer segmento, ano, etapa ou componente curricular. A seguir, são apresentadas algumas dessas habilidades a título de exemplo, ressaltando que elas não estão restritas apenas a estas.

Alguns exemplos de habilidades

- [EI03CO01] Reconhecer padrão de repetição em sequência de sons, movimentos, desenhos.
- [EF02CO01] Criar e comparar modelos (representações) de objetos, identificando padrões e atributos essenciais.
- [EF02CO05] Reconhecer as características e usos das tecnologias computacionais no cotidiano dentro e fora da escola.
- [EF05CO11] Identificar a adequação de diferentes tecnologias computacionais na resolução de problemas.
- [EF08CO11] Avaliar a precisão, relevância, adequação, abrangência e viés que ocorrem em fontes de informação eletrônica.
- [EF09CO07] Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais das tecnologias digitais para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho.
- [EF09CO08] Discutir como a distribuição desigual de recursos de computação em uma economia global levanta questões de equidade, acesso e poder.
- [EM13CO05] Identificar os limites da Computação para diferenciar o que pode ou não ser automatizado, buscando uma compreensão mais ampla dos limites dos processos mentais envolvidos na resolução de problemas.
- [EM13CO09] Identificar tecnologias digitais, sua presença e formas de uso, nas diferentes atividades no mundo do trabalho.
- [EM13CO10] Conhecer os fundamentos da Inteligência Artificial, comparando-a com a inteligência humana, analisando suas potencialidades, riscos e limites.
- [EM13CO11] Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico.

¹⁹ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm

6. Ética e inteligência artificial na escola

Um dos principais desafios da introdução da inteligência artificial na educação é a necessidade de adequar as práticas pedagógicas, por professores e gestores, para lidar com essa tecnologia. É preciso que os profissionais estejam preparados para utilizar a IA de forma crítica, eficiente, responsável, ética e inclusiva, para que possam aproveitar todo seu potencial e mitigar seus riscos. Toda tecnologia traz mudanças de paradigmas e, na educação, isso significa também a inserção de novas competências e habilidades, tanto para utilizá-la como para desenvolvê-la. Conhecer a IA é fundamental para conviver com ela.

À medida que a tecnologia avança, é possível esperar cada vez mais soluções baseadas em IA para aprimorar o processo educativo, tornando-o mais eficiente e eficaz graças à personalização que esses sistemas oferecem. Nesse sentido, a IA tem o potencial de reduzir as desigualdades educacionais ao possibilitar que estudantes com diferentes necessidades possam ter acesso a recursos educacionais personalizados e adequados. Contudo, ao mesmo tempo, a falta de informações e o acesso limitado a essas tecnologias podem ampliar as disparidades existentes.

As preocupações éticas com o uso e o desenvolvimento da IA se tornaram visíveis com o aprendizado de máquina com muitos dados. A IA cognitiva (baseada no conhecimento e no raciocínio) é uma IA explicável e tem objetivos explícitos (programados) para serem alcançados. Dessa forma, a IA que aprende com muitos dados pode assimilar vieses²⁰ e preconceitos, que se encontram presentes nos dados utilizados em seu treinamento. Esse problema é difícil de mitigar devido ao alto custo as-

sociado à curadoria em grandes quantidades de dados. Por exemplo, um sistema educacional treinado exclusivamente com dados de uma região onde os estudantes têm alto nível de letramento matemático pode não ser adequado para uso em regiões onde os estudantes apresentam desempenho inferior nessa área.

O crescimento da IA generativa aumentou ainda mais a necessidade do uso consciente da IA. Como visto, ela pode gerar textos que não estão corretos ou que representam uma realidade muito distante de um usuário particular. Assim, é fundamental educar os estudantes para interagir de forma crítica com a IA. Um estudante com pensamento crítico, por exemplo, pode avaliar uma resposta dada por uma IA consultando outra IA, investigar as fontes das referências utilizadas e, ainda, interagir com a IA para que o texto gerado represente sua realidade de mundo. A depender de como uma instrução for construída, a previsão pode mudar.

Embora os benefícios potenciais sejam imensos, existem ainda considerações sociais. Uma vez que a IA de hoje oferece personalização da educação por meio da análise de dados pessoais dos estudantes, ela pode potencializar o desaprendizado social (perda do contato social).

A IA pode ser uma tecnologia poderosa para a educação. Com uma abordagem cuidadosamente preparada pelos agentes envolvidos, é possível aproveitar todo o seu potencial para preparar os estudantes de agora para um mundo cada vez mais tecnológico e complexo.

20 Os sistemas de IA podem adquirir os vieses existentes nos dados usados para o seu treinamento. Vieses podem ser introduzidos nos dados de treinamento por vários meios, como erro humano, viés de amostragem ou fatores sociais e históricos.

Da mesma maneira, a tabela 2 a seguir apresenta propostas de currículos desenvolvidos de forma institucional em vários países ou elaborados por diferentes tipos de ins-

tuições. Entretanto, é possível encontrar muitas outras iniciativas de grupos de pesquisa ao redor do mundo.

Tabela 2. Países que estão adotando a IA na educação

País/região	Título do currículo	Desenvolvedor do currículo	Em estudo ¹	Adotado ²
Alemanha	Identificação e formulação de algoritmos	Conferência Permanente dos Ministros de Educação e Assuntos Culturais dos Länder	X	
Arábia Saudita	Habilidades Digitais	Binary Logic e Tatweer Co.	X	
Armênia	Currículo de TIC	Governo		X
Áustria	Ciência de dados e inteligência artificial	Ministério Federal da Educação, Ciência e Pesquisa		X
Bélgica	Repositório de TI	Fédération Wallonie-Bruxelles [Comunidade francófona da Bélgica]		X
Brasil	Currículo Referência em IA no Ensino Médio	Grupo de Especialistas (academia)	X	X
Bulgária	Modelagem Computacional, tecnologias da informação e informática	Grupos de Especialistas (academia, professores e especialistas em educação)	X	
Catar	Computação e tecnologias da informação	Binary Logic, Ministério da Educação e Ensino Superior		X
China	Currículo de IA incorporado ao currículo de ciência e tecnologias da informação	Ministério da Educação da China		X
Coreia do Sul	“Matemática de IA”, no âmbito do Grupo Disciplinar de Matemática para escolas secundárias	Fundação Coreana para o Avanço da Ciência e da Criatividade		X
Emirados Árabes Unidos	Currículo de IA incorporado no Marco de Ação Disciplinar de Tecnologia	Ministério da Educação		X
Estados Unidos da América	DAILY Curriculum	MIT	X	
Hong Kong	AI4KG Curriculum	Grupo de Especialistas (academia)	X	
Índia	Módulos de IA do Atal Tinker Labs	Atal Tinker Labs, Atal Innovation Mission, NITI Aayog		X
Jordânia	Habilidades Digitais	Centro Nacional de Desenvolvimento Curricular	X	
Kuwait	Currículo padrão	Especialistas e professores de currículos de orientação técnica		X
Portugal	Tecnologias da informação e comunicação	Professores de TIC e matemática de escolas estatais		X
Sérvia	Informática e programação – 8º ano	Grupo de trabalho do Ministério da Educação	X	X
Uruguai	Currículo de Pensamento Computacional	CEIBAL	X	
Internacional	IBM EdTech Youth Challenge	IBM		X
Internacional	AI Youth Skills	Microsoft		X
Internacional	Programa Global de Preparação para a IA	Intel		X

Fonte: Elaborado por Vicari, Brackmann, Galafassi e Mizusaki (2024).

1 Em desenvolvimento ou em piloto.

2 Pode ter sido adotado por alguma região ou por uma instituição.

Como visto, as tecnologias de IA estão remodelando a educação tradicional, oferecendo aplicações que se adaptam às necessidades individuais dos estudantes, auxiliando professores em diversas tarefas, tanto burocráticas como de preparo das aulas e demais atividades acadêmicas. A IA também simplifica as tarefas administrativas e fornece informações valiosas por meio da análise de dados (*learning analytics*) para apoiar na gestão escolar ou na geração de políticas públicas. De sistemas tutores inteligentes, experiências imersivas de realidade virtual a ambientes virtuais de aprendizagem, a IA está influenciando a forma como se ensina e se aprende.

Essa interação dinâmica entre o avanço tecnológico e a educação sublinha a importância de compreender e aproveitar os benefícios da IA para criar um ambiente de aprendizagem mais adaptativo, inclusivo e eficaz. Pode-se dizer que, atualmente, os principais benefícios da adoção da IA na educação estão relacionados com a personalização do ensino, a eficiência e a economia de tempo e a universalização do ensino, por meio de sistemas em nuvem e possibilidades de adaptações automáticas para estudantes com diferentes necessidades educacionais.

Estudantes

A IA oferece caminhos personalizados, adaptando-se ao ritmo e às preferências de cada estudante. Os sistemas inteligentes de entrega de conteúdo utilizam análise de dados para identificar áreas fortes e fracas, permitindo uma abordagem direcionada ao desenvolvimento de habilidades. Além disso, a realidade virtual e as simulações alimentadas por IA proporcionam ambientes de aprendizagem imersivos, tornando assuntos complexos mais acessíveis e práticos. A IA também pode oferecer trajetórias educacionais personalizadas de acordo com o histórico escolar e com os objetivos de formação de cada estudante. No entanto, os estudantes precisam ser educados para o uso ético, consciente, crítico e criativo da IA. Somente assim ela contribuirá efetivamente para seu aprendizado.

Professores

A IA tem o potencial de apoiar os professores em tarefas administrativas, como o lançamento de notas e apoio

na produção e realização de avaliações, por exemplo. Os sistemas de avaliação automatizados alimentados por IA simplificam as tarefas rotineiras, como criar e avaliar testes e publicar resultados, e podem auxiliar na geração de planos de aula e na organização do material que será utilizado em aula.


Sistemas tutores inteligentes impulsionados por IA fornecem devolutivas e *insights* (descobertas) em tempo real sobre o desempenho de cada estudante. Isso permite aos professores identificar as lacunas de aprendizagem e atuar para encontrar soluções. Ela também oferece **análises baseadas em dados**, apoiando os educadores com informações sobre o progresso de cada estudante e as áreas que requerem atenção.

A IA contribui para o desenvolvimento profissional do professor ao fornecer tecnologias e recursos que facilitam a aprendizagem contínua e atualizações sobre as melhores práticas, garantindo que o educador se mantenha informado sobre a evolução das metodologias educacionais. Espera-se que a parceria entre professores e tecnologia possibilite preparar os estudantes para a constante evolução tecnológica.

Gestores

Na gestão escolar, os sistemas de IA possibilitam desde o controle da presença dos estudantes até a gestão e economia de recursos (papel, energia, transporte escolar com rotas otimizadas). Além disso, contribuem para a segurança, o controle de identidade, a geração automática de relatórios e documentos, entre outros. A IA possibilita que as instituições educacionais mantenham fluxo de atualização constante de seus currículos. Dado seu potencial de fornecer informações sobre as demandas do mercado de trabalho, tanto atuais como futuras, de forma geolocalizada, ela também oferece informações sobre os perfis profissionais solicitados em determinados locais e momentos. A análise de dados permite ao gestor tomar decisões embasadas e traçar políticas educacionais adequadas para estabelecer o rumo da instituição e, de forma mais ampla, delinear políticas públicas na área da educação.

8. Conclusão



A inteligência artificial está transformando a rotina diária das pessoas, a maneira como nos relacionamos com a tecnologia e tem impactado diversos setores da economia. Em muitos aspectos, ela já está estabelecida e presente nas tecnologias que usamos. Sistemas de recomendação, por exemplo, são uma das principais formas pelas quais acessamos as informações digitais nos mecanismos de buscas e nas redes sociais. Alguns avanços recentes a colocam de novo como o principal motor de inovações: ela se transforma numa tecnologia usada para processar e gerar informações em larga escala, ao mesmo tempo que se torna mais barata, mais flexível e mais poderosa. Portanto, ela está trazendo uma nova onda de mudanças sociais.

A chegada dos LLMs ao público introduz novas tecnologias para a escrita e a leitura, assim como para diversas formas de produção e compreensão. Essas tecnologias estão sendo amplamente utilizadas no trabalho, nos estudos e no lazer. No entanto, é crucial implementá-las com cuidado para garantir que todos tenham acesso igualitário às suas vantagens. A educação sobre privacidade e segurança digital, bem como a capacidade de identificar *deep fakes* e prevenir fraudes, é fundamental para navegar no mundo digital de maneira segura e informada. Em resumo, a IA está moldando um futuro promissor, mas exige responsabilidade, regulamentação e princípios éticos sólidos para ser benéfica para todos.

Desse modo, o letramento em IA não pode se manter à parte da escola, e muitos países e instituições já estão trabalhando pela inclusão da IA em seus currículos. Se quisermos trabalhar com a IA de forma apropriada, procurando uma educação que prepare para a cidadania e o mundo do trabalho, será necessário formar professores tanto para fazer o uso quanto ensinar sobre ela, educar para pensar com e pensar sobre a IA. A escola e a inteligência artificial devem andar de mãos dadas para preparar os futuros cidadãos a lidar com mais uma tecnologia disruptiva.

9. Referências bibliográficas

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. 2017. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>. Acesso em: 9 jun. 2024.

BRACKMANN, C. P. **Computacional - Educação em Computação**. 2024. Disponível em: <https://www.computacional.com.br/>. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. 2018. Acesso em: 9 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Computação – Complemento à BNCC**. Resolução CEB 01/2022. Brasília: MEC/SEB, 2022. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao&category_slug=fevereiro-2022-pdf&Itemid=30192

CHINTHAPATLA, S. **Unleashing the Future: A Deep Dive into AI-Enhanced Productivity for Developers**. International Journal of Engineering, Science & Mathematics. Vol. 13, Issue 03, March 2024, ISSN: 2320-0294.

CIEB. Notas Técnicas #16: **Inteligência artificial na educação**. São Paulo, Centro de Inovação para Educação Brasileira (CIEB), 2019. Disponível em: <https://cieb.net.br/wp-content/uploads/2020/08/NotaTecnica16.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2024.

ISOTANI, Seiji et al. **AIED Unplugged: Leapfrogging the Digital Divide to Reach the Underserved**. In: WANG, Ning et al. (org.). Artificial Intelligence in Education. Posters and Late Breaking Results, Workshops and Tutorials, Industry and Innovation Tracks, Practitioners, Doctoral Consortium and Blue Sky. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. v. 1831. p. 772–779. (Communications in Computer and Information Science). ISBN: 978-3-031-36335-1. DOI: 10.1007/978-3-031-36336-8_118. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-36336-8_118. Acesso em: 9 jun. 2024.

JONES, Cameron R.; BERGEN, B. **People cannot distinguish GPT-4 from a human in a Turing test**. arXiv preprint arXiv:2405.08007, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2405.08007>. Acesso em: 9 jun. 2024.

KANDLHOFER, M. et al. **Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university**. In: 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie PA, USA, 2016. p. 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757570>. Acesso em: 9 jun. 2024.

PAYNE, B. H. **An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students**. MIT Media Lab, 2019. Disponível em: https://mit.co1.qualtrics.com/jfe/form/SV_6X5UWiD7p58BnNz. Acesso em: 9 jun. 2024.

PEREIRA, Vijay et al. **A systematic literature review on the impact of artificial intelligence on workplace outcomes: A multi-process perspective**. Human Resource Management Review, Vol. 33, 2023. DOI: 10.1016/j.hrmmr.2021.100857. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105348222100036X>. Acesso em: 9 jun. 2024.

RUSSELL, S.; PERSET, K.; GROBELNIK, M. OECD. **IA Policy Observatory**. 2023. Disponível em: <https://oecd.ai/en/wonk/definition>. Acesso em: 9 jun. 2024.

SHAMIR, G.; LEVIN, I. **Teaching machine learning in elementary school**. International Journal of Child-Computer, Interaction, 31, 100415, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100415>. Acesso em: 9 jun. 2024.

SU, J.; YANG, W. **Artificial Intelligence (AI) literacy in early childhood education: an intervention study in Hong Kong.** Interactive Learning Environments, 2023. DOI: 10.1080/10494820.2023.2217864. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2217864>. Acesso em: 9 jun. 2024.

SU, J.; ZHONG, Y. **Artificial intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions.** Computers and Education: Artificial Intelligence, Vol. 3, 100072.2022. DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100072. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100072>. Acesso em: 9 jun. 2024.

SU, J.; ZHONG, Y.; NG, D. T. K. **A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific region.** Computers and Education: Artificial Intelligence, 3, 100065. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100065>. Acesso em: 9 jun. 2024.

UNESCO. **Currículos de IA para a educação básica: um mapeamento de currículos de IA aprovados pelos governos.** ED-2022/FLI-ICT/K-12. [S. l.], Unesco, 2022. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602_por. Acesso em: 9 jun. 2024.

UNESCO. **Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa.** Unesco, 2024. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241>. Acesso em: 23 jun. 2024.

UNICEF. **Policy guidance on AI for children.** Nova York, USA, UNICEF, 2021. Disponível em: <https://www.unicef.org/innocenti/reports/policy-guidance-ai-children>. Acesso em: 9 jun. 2024.

VICARI, R.; BRACKMANN, C. P.; MIZUSAKI, L.; GALAFASSI, C. **Inteligência Artificial na Educação Básica.** 1. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2023. Disponível em: <https://novatec.com.br/livros/inteligencia-artificial-na-educacao-basica/>. Acesso em: 9 jun. 2024.

VICARI, R.; BRACKMANN, C. P.; MIZUSAKI, L.; LOPES, D.; BARONE, D.; CASTRO, H. **Referencial Curricular: Inteligência Artificial no Ensino Médio.** Porto Alegre: UFRGS/IFFAR, 2022. Disponível em: <http://inf.ufrgs.br/ciars/>. Acesso em: 31 dez. 2022.

WALTERS, W. **The Effectiveness of Software Designed to Detect AI-Generated Writing: A Comparison of 16 AI Text Detectors.** Open Information Science, october 6, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/opis-2022-0158>. Acesso em: 9 jun. 2024.

YAO, Jia-Yu et al. **LLM Lies: Hallucinations are not bugs, but features as adversarial examples.** arXiv preprint arXiv:2310.01469. ICLR, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2310.01469>. Acesso em: 9 jun. 2024.



CIEB

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA
A EDUCAÇÃO BRASILEIRA

**INOVAÇÃO E CONEXÕES QUE
TRANSFORMAM A EDUCAÇÃO**

cieb.net.br