

APOGEO

ASSOCIAÇÃO DE PROFESSORES DE GEOGRAFIA



- 03** Editorial – Educação Geográfica e Inteligência Artificial: entre mapas, algoritmos e novos caminhos de aprendizagem, por Luís Mendes
- 04** Repensar a educação na era da inteligência artificial: uma reflexão sobre o ensino, a aprendizagem e a inovação, por Cláudia M. Viana e Jorge Rocha
- 18** Inteligência Artificial Generativa: 10 riscos de não formar docentes e alunos, por Vítor Reis, Rui Pedro Julião e Elisabete Fiel
- 24** Inteligência Artificial & Educação Geográfica: entre promessas tecnológicas e desafios epistemológicos, por Luís Mendes
- 36** A Transformação do Ensino da Geografia através da integração da Inteligência Artificial: Percepções, usos e desafios na prática docente em Portugal, por Cecília Rodrigues e Matilde Rodrigues
- 54** Notas sobre a relação entre Inteligência Artificial, Geografia, Sistemas de Informação Geográfica e ensino, por Joaquim Patriarca
- 62** O meu ecossistema ChatGPT: experiências, limites e possibilidades na educação, por Ana Isabel Lucas
- 66** As cartas da participação: o potencial e limitações das ferramentas de apoio ao envolvimento cidadão, por José Carlos Mota
- 76** Inteligência Artificial Geoespacial no ensino de Geografia: Proposta de um módulo supervisionado de Aprendizado de Máquina, por Max Anjos
- 86** Teleconexões Oceanográficas e Impactos Climáticos: Análise Geoespacial assistida por Inteligência artificial do Cenário Climatológico em João Monlevade, Minas Gerais, Brasil, por Adriano José de Barros e Sandro Laudares

FICHA TÉCNICA

Revista

APOGEO n.º 59/60

Edição Online • Gratuita

Edição / Ano:

Junho/Dezembro 2022

Periodicidade

Semestral

Diretor:

Pedro Damião

Comissão de redação

Ana Cristina Câmara

Emília Sande Lemos

Luís Mendes

Maria Helena Magro

Miguel Inez Soares

Pedro Damião

Propriedade:

Ass. de Professores de Geografia

Rua C2, lote 9, loja 13

1070-023 LISBOA

Contatos:

Tel.: 213 861 490

E-mail: aprofgeo@gmail.com

Página da Internet: www.aprofgeo.pt

Paginação: Agência Design 21

ISSN: 2182-4843

Depósito Legal: 21206/89

A-PROF-GE 
ASSOCIAÇÃO DE PROFESSORES DE GEOGRAFIA

Educação Geográfica e Inteligência Artificial: entre mapas, algoritmos e novos caminhos de aprendizagem

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) deixou de ser um conceito distante para se tornar presença quotidiana em muitos domínios da vida social, profissional e académica. A educação não é exceção. Entre as múltiplas áreas disciplinares que hoje dialogam com esta tecnologia, a Educação Geográfica ocupa um lugar particularmente fértil: afinal, pensar o espaço, compreender o território e analisar inter-relações espaciais sempre implicou lidar com dados, representações e modelos — dimensões que a IA expande e transforma.

No contexto escolar, a IA pode ajudar a personalizar o ensino, sugerindo recursos adaptados às necessidades de cada aluno, propondo exercícios com base no desempenho anterior ou automatizando tarefas repetitivas que consomem tempo dos professores. Em Geografia, podemos contar com ferramentas capazes de analisar imagens de satélite, prever padrões climáticos, simular dinâmicas urbanas ou gerar mapas temáticos a partir de conjuntos complexos de dados. O acesso a tais recursos democratiza, em parte, o uso de técnicas que antes estavam restritas a centros de investigação ou a grandes instituições.

Mas os impactos vão além da técnica. A IA também desafia a nossa forma de conceber o que significa aprender e ensinar. Num mundo onde uma máquina pode “explicar” um conceito ou “produzir” um mapa em segundos, qual é o papel do professor? E do aluno? A resposta, talvez, esteja em lembrar que a educação não se reduz à transmissão de conteúdos, mas envolve o desenvolvimento do pensamento crítico, da literacia geográfica e da capacidade de questionar — competências que nenhum algoritmo pode substituir plenamente.

As promessas da IA não devem ocultar as suas limitações. Modelos algorítmicos não são neutros: refletem os dados com que foram treinados, que por sua vez carregam vieses históricos, culturais e políticos. Em Geografia, isto pode traduzir-se em representações distorcidas de realidades territoriais, na invisibilização de comunidades ou na naturalização de fronteiras e classificações questionáveis. Lembrem-se que os mapas, enquanto instrumentos, também podem mentir...

Além disso, a dependência excessiva de ferramentas automáticas pode levar a um enfraquecimento das competências fundamentais do ofício geográfico: a observação direta, o trabalho de campo, a interpretação crítica de mapas e dados. Surge também a questão da ética autoral e do uso responsável da informação georreferenciada.

Apesar dos riscos, a IA abre uma oportunidade rara: repensar o ofício de ensinar e aprender Geografia. Para o professor, pode

significar mais tempo para mediar debates, propor projetos interdisciplinares e guiar os alunos na leitura crítica dos outputs produzidos por algoritmos. Para o aluno, pode representar a possibilidade de explorar cenários virtuais, simular intervenções no território, criar narrativas espaciais próprias com base em dados reais e experimentar metodologias que antes eram inviáveis num contexto escolar.

Neste sentido, a IA não deve ser vista como ameaça, mas como convite a reposicionar a Geografia escolar num mundo hiperconectado e em transformação acelerada. Ao lado dos mapas em papel e das saídas de campo, podem coexistir visualizações dinâmicas, análises preditivas e plataformas interativas, desde que integradas de forma pedagógica e crítica.

Formar cidadãos capazes de compreender e intervir no mundo contemporâneo exige uma literacia geográfica que inclua a compreensão das tecnologias que moldam a forma como representamos e interpretamos o espaço e a realidade socioterritorial. Tal como no passado aprendemos a ler mapas e a interpretar fotografias aéreas, agora precisamos ensinar a “ler” modelos algorítmicos, identificar as suas premissas e limitações, e compreender as implicações sociais, económicas, ambientais e até geopolíticas das decisões mais automatizadas.

A IA não substitui o trabalho humano de ensinar e aprender — mas redefine as condições em que ele acontece. A Educação Geográfica, pela sua natureza integradora e crítica, está particularmente bem posicionada para guiar essa transição, desde que mantenha o olhar atento sobre as questões éticas, metodológicas e humanas que estão em jogo. Afinal, mais do que máquinas que aprendem, precisamos de cidadãos competentes geograficamente, ou seja, que compreendam — e questionem — o mundo em que vivem.

Agradecemos profundamente o tempo, a dedicação e o trabalho de todos os autores que contribuíram para este número temático. O seu empenho e partilha de conhecimento tornam possível o diálogo entre teoria e prática, ajudando a projetar novos caminhos para a educação geográfica. Esperamos que este número temático contribua para esclarecer e desconstruir alguns mitos que possam existir no corpo docente e, sobretudo,

que estimule a reflexão crítica e construtiva sobre o papel da IA e da Educação Geográfica no processo de ensino-aprendizagem.

Luís Mendes
CEG/IGOT-ULisboa

Repensar a educação na era da inteligência artificial: uma reflexão sobre o ensino, a aprendizagem e a inovação

Cláudia M. Viana & Jorge Rocha

Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, claudiaviana@edu.ulisboa.pt, jorge.rocha@edu.ulisboa.pt

1. Introdução

A integração generalizada da inteligência artificial (IA) na sociedade marca uma transformação decisiva do nosso tempo. Poucos sectores permanecem intocados por esta mudança tecnológica, e a educação é um dos domínios mais profundamente reconfigurados. Já não se trata de uma possibilidade futura: a IA é hoje uma presença efetiva nas salas de aula, nas universidades, nas plataformas online e nos debates sobre políticas educativas (UNESCO, 2019).

O relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) de 2023, *Guidance for Generative AI in Education and Research* (F. Miao & Holmes, 2023), sublinha o momento sem precedentes que vivemos. Este documento procura oferecer uma estrutura e uma orientação ética num contexto ainda em mudança. À medida que educadores, decisores políticos, investigadores e estudantes enfrentam novas oportunidades e riscos, coloca-se uma questão central: como pode a IA ser utilizada na educação sem comprometer a missão humanista da aprendizagem?

1.1 O impacto da IA Generativa na educação

A IA designa um conjunto de tecnologias que permitem às máquinas simular capacidades humanas, como aprendizagem, raciocínio, processamento da linguagem e reconhecimento de padrões. Embora desenvolvida há várias décadas, a IA registou um avanço significativo com o *deep learning* e o acesso massivo a dados (*big data*), tornando-se mais poderosa e acessível (Viana & Rocha, 2025).

Um dos ramos mais influentes da IA atual é a inteligência artificial generativa (IA Gen), centrada na produção de conteúdos originais. Ferramentas como o ChatGPT e o DALL-E conseguem gerar textos, imagens e música coerentes a partir de instruções fornecidas pelos utilizadores. A sua interface intuitiva, o baixo custo e a disponibilidade alargada explicam a rápida adoção por docentes e estudantes.

Na educação, a IA Gen manifesta-se em várias dimensões. Tecnologias como o processamento de linguagem natural e o

machine learning possibilitam experiências de aprendizagem personalizadas, ajustadas às necessidades de cada estudante, aumentando o envolvimento e a eficácia do ensino (Sholeh, 2025; Suresh Babu et al., 2025). Simultaneamente, a automatização de tarefas administrativas, como a avaliação e a gestão de horários, liberta tempo para os docentes se concentrarem na prática pedagógica (Sholeh, 2025; Vetrivel et al., 2024).

Estes sistemas também promovem tutoria adaptativa e apoio automatizado, além de possibilitarem feedback em tempo real e criação de conteúdos personalizados (Blake, 2023; Chiavarino et al., 2025). Permitem ainda identificar lacunas nas competências dos alunos e respondê-las de forma individualizada (Bhardwaj & Sudan, 2024; Blake, 2023). Ao automatizar processos como a correção de trabalhos e a organização de dados, reforçam o acompanhamento contínuo dos alunos (Suresh Babu et al., 2025; Vetrivel et al., 2024).

1.2 Riscos, limitações e desafios éticos

Apesar do seu potencial, a IA Gen levanta preocupações legítimas. Como sublinha a UNESCO, há implicações profundas sobre a forma como o conhecimento é produzido e validado. Num mundo onde as máquinas geram textos, imagens e explicações, importa questionar os modelos tradicionais de autoria, avaliação e integridade académica.

Persistem também riscos associados ao enviesamento algorítmico, reflexo dos dados com que os sistemas são treinados (Gabriel, 2024; Mishra et al., 2025). Outros desafios éticos incluem a privacidade dos dados, os direitos de autor e a fiabilidade dos conteúdos gerados (Gabriel, 2024; Pereira et al., 2024). Acresce a desigualdade no acesso e uso da tecnologia, a chamada *divisão digital*, que pode agravar disparidades educativas (Gabriel, 2024).

A IA está a transformar o panorama educativo a um ritmo sem precedentes. O desafio não é decidir se devemos ou não utilizá-la, mas como fazê-lo de forma a reforçar, e não enfraquecer, os princípios fundamentais da educação. A

combinação equilibrada entre ensino humano e apoio por IA poderá representar o cenário mais promissor. Se bem implementada, a IA pode democratizar o acesso, personalizar aprendizagens e aumentar o envolvimento estudantil (Bhardwaj & Sudan, 2024; Blake, 2023; Sholeh, 2025).

Contudo, tudo depende de uma implementação consciente e informada, que promova a autonomia e criatividade dos discentes, em vez de reforçar lógicas tradicionais (Gabriel, 2024; Mishra et al., 2025). Para isso, é essencial investir na formação contínua de docentes (Pereira et al., 2024; Ramos et al., 2024) e desenvolver quadros éticos robustos que assegurem a proteção de dados, combatam enviesamentos e promovam o acesso equitativo (Chan et al., 2025; Pereira et al., 2024). Abordagens interdisciplinares poderão ainda ampliar o potencial educativo da IA (Chiu, 2024).

Repensar os propósitos da educação à luz da IA é, por isso, uma oportunidade. Podemos construir sistemas mais inteligentes, mas também mais sábios (Chan et al., 2025; Gabriel, 2024; García-Peñalvo, 2023). Inspirado nas orientações da UNESCO, este texto propõe uma integração ética, inclusiva e centrada no ser humano. O futuro do ensino será, provavelmente, híbrido: uma síntese cuidadosa entre inteligência artificial e compromisso humano com os valores essenciais da educação, como a curiosidade, empatia, integridade e confiança no potencial de cada estudante

2. IA na educação

A integração da IA na educação é um processo complexo que exige uma abordagem ética, responsável e adaptada às necessidades de alunos, professores, escolas e administrações educativas. Não existe um percurso único, sendo por isso importante recorrer a referências sólidas. Um exemplo relevante é o relatório da Comissão Europeia intitulado *Use Scenarios & Practical Examples of AI Use in Education* (Cassidy et al., 2023), que identifica três dimensões complementares de ensino e aprendizagem com inteligência artificial.

A primeira dessas dimensões é ensinar para a IA, que se centra no desenvolvimento de competências fundamentais para que os alunos possam lidar com os desafios e oportunidades trazidos por esta tecnologia. Esta inclui, por exemplo, a compreensão dos enviesamentos nos dados, a aplicação do pensamento computacional para resolver problemas, e a reflexão crítica sobre questões relacionadas com a protecção de dados. A IA está cada vez mais integrada nos sistemas educativos, proporcionando oportunidades importantes, como a personalização da aprendizagem através da adaptação de conteúdos ao perfil de cada estudante, o que favorece o envolvimento e melhora os resultados educativos (Apetorgbor et al., 2024; Dragojević & Letić Lungulov, 2024; Kok et al., 2024; Ortega-Moody et al., 2025; Suresh Babu et al., 2025). Exemplos

disso incluem os sistemas de aprendizagem adaptativa ou os tutores inteligentes, que oferecem percursos diferenciados e *feedback* em tempo real (Alam, 2023; Ali et al., 2025).

A segunda dimensão, ensinar sobre IA, corresponde a uma abordagem mais técnica, em que se promove a aquisição de conhecimentos específicos sobre o funcionamento da IA, com o objectivo de capacitar os alunos a utilizá-la eficazmente e, idealmente, contribuir para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas. Um exemplo desta prática seria programar uma aplicação simples baseada em IA, de forma a compreender os seus mecanismos internos. Além de aumentar a eficiência e produtividade dos docentes, ao automatizar tarefas administrativas como a correcção ou a gestão de recursos, a IA também apoia a criação de currículos e oferece análises detalhadas sobre o desempenho dos alunos, permitindo uma resposta mais ajustada às suas necessidades (Alotaibi, 2024; Maree et al., 2024). A sua aplicação tem igualmente impulsionado a inovação pedagógica, abrindo espaço a novas metodologias ligadas ao conectivismo e ao uso de tecnologias como a realidade virtual e/ou aumentada e o metaverso, tornando a aprendizagem mais envolvente e interactiva (Bermeo-Paucar et al., 2024; Bharathyvaraj & Masilamani, 2024).

A terceira dimensão é ensinar com IA, que implica a utilização prática de ferramentas de inteligência artificial no próprio processo de ensino-aprendizagem. Aqui, o foco está na integração da IA para personalizar experiências educativas, gerir recursos ou gerar conteúdos pedagógicos de forma automatizada e adaptada ao perfil de cada estudante. No entanto, esta integração levanta também desafios significativos. Estas dimensões não são estanques e podem articular-se entre si. A IA já permite personalizar aprendizagens, adaptar currículos, automatizar tarefas e oferecer análises de desempenho em tempo real (Alam, 2023; Ali et al., 2025; Alotaibi, 2024; Maree et al., 2024). Também impulsiona, à imagem da segunda dimensão a inovação pedagógica com tecnologias como realidade aumentada e metaverso (Bermeo-Paucar et al., 2024; Bharathyvaraj & Masilamani, 2024).

2.1 Desafios da integração prática

Apesar das potencialidades, a adoção da IA levanta desafios significativos. Questões éticas como a protecção de dados, os enviesamentos algorítmicos e o uso indevido da tecnologia exigem políticas claras e diretrizes específicas (Apetorgbor et al., 2024; Del Mundo et al., 2024; Kok et al., 2024; Ortega-Moody et al., 2025).

Há também o risco de dependência excessiva, com impacto na dimensão humana do ensino. Uma utilização acrítica da IA pode reduzir o espaço para relações interpessoais e enfraquecer competências como o pensamento crítico e a empatia (Del

Mundo et al., 2024; Rathore & Laghari, 2025). Professores manifestam receios quanto à possível substituição do seu papel pedagógico (Popenici, 2023).

Outro desafio central é a equidade no acesso. Se não forem criadas condições para garantir acesso generalizado às tecnologias, a IA pode ampliar desigualdades educativas (Alotaibi, 2024; Ortega-Moody et al., 2025). A inclusão digital deve ser uma prioridade para assegurar que os benefícios da IA se distribuem de forma justa.

2.2 Papéis diferenciados na adoção da IA

As *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators* (European Commission: Directorate-General for Education Sport and Culture, 2022), identificam quatro áreas de aplicação da IA na educação: ensino dos alunos, apoio aos alunos, apoio aos professores e apoio ao sistema educativo.

A partir destas áreas, são definidos três perfis de utilização da IA por parte dos principais agentes educativos. O primeiro é o perfil do aluno, que pode utilizar a IA tanto como consumidor de conteúdos personalizados, como também enquanto criador, aprendendo a desenvolver as suas próprias soluções com base em IA. O segundo é o perfil do professor, que pode recorrer a estas tecnologias para criar materiais pedagógicos, personalizar percursos de aprendizagem, realizar avaliações mais eficazes e automatizar tarefas administrativas. O terceiro é o perfil da escola ou da administração educativa, que envolve aplicações mais alargadas, como o uso de ambientes virtuais de aprendizagem, ferramentas de apoio à orientação escolar e profissional, e sistemas para a gestão e automatização de processos institucionais.

A adoção eficaz exige formação contínua de docentes e profissionais do setor (Alotaibi, 2024; Paschal & Melly, 2023), bem como apoio técnico, pedagógico e institucional. É também necessária a realização de auditorias e avaliações regulares para detetar enviesamentos e melhorar continuamente os sistemas (Apetorgbor et al., 2024; Paschal & Melly, 2023).

2.3 Princípios orientadores para uma adoção ética

A IA na educação deve ser implementada com base em princípios de equidade, responsabilidade e qualidade pedagógica. É essencial conjugar inovação com sentido crítico e foco no desenvolvimento humano e social dos alunos.

A chave está em garantir que a IA não substitui o papel das pessoas na educação, mas o complementa. O seu verdadeiro

valor reside na capacidade de potenciar práticas educativas mais inclusivas, eficazes e ajustadas às realidades contemporâneas.

3. Os alunos e as ferramentas de IA

Com a introdução da IA nas salas de aula, surgem diversos desafios que importa ter em atenção. Um dos mais evidentes é a falta de competência dos alunos nesta área. Muitos ainda não atingiram um nível satisfatório de literacia em IA, o que se pode explicar por vários factores, como a ausência de conteúdos específicos no currículo escolar, a escassez de formação adequada e de oportunidades para praticar e experimentar, bem como a limitada existência de espaços que promovam a colaboração e a partilha de conhecimentos entre os estudantes.

A IA está a ser cada vez mais integrada nos contextos educativos, com impacto significativo nas experiências de aprendizagem dos alunos. As plataformas baseadas em IA oferecem percursos personalizados de aprendizagem, ajustando conteúdos às necessidades individuais, o que melhora o envolvimento, os resultados escolares e a retenção do conhecimento (Abrar et al., 2025; Alzakwani et al., 2025; Apetorgbor et al., 2024; Shete et al., 2024; Yamijala et al., 2024). Utilizando análise de dados, estas plataformas criam percursos adaptativos com feedback em tempo real e recursos ajustados a cada aluno (Abrar et al., 2025; Alzakwani et al., 2025; Panjabi et al., 2024; Sharif et al., 2023). Este potencial de personalização é especialmente relevante em contextos com forte heterogeneidade de perfis e ritmos de aprendizagem.

Outro problema significativo prende-se com a lacuna no acesso às tecnologias. A exclusão digital é agravada pela falta de dispositivos tecnológicos e de conectividade em muitas famílias, dificultando não só a participação plena no ensino online, mas também o aproveitamento das ferramentas de IA como apoio à aprendizagem. Esta desigualdade tecnológica acentua disparidades educativas e limita seriamente as oportunidades de desenvolvimento académico para os alunos em contextos mais vulneráveis.

3.1 Benefícios da IA e riscos associados

A IA contribui para manter a atenção e o envolvimento dos estudantes (Bharathyvaraj & Masilamani, 2024). Efectivamente, os alunos em ambientes mediados por IA tendem a apresentar melhor desempenho académico, maior rapidez na realização de tarefas e níveis mais elevados de envolvimento em comparação com contextos de ensino tradicional (Abrar et al., 2025; Shete et al., 2024). Além disso, a IA permite reduzir a carga administrativa dos professores,

automatizando tarefas rotineiras e oferecendo *feedback* inteligente, o que liberta tempo para se focarem mais na qualidade do ensino (Alam & Mohanty, 2023; Alzakwani et al., 2025). Estes sistemas são também úteis na identificação precoce de alunos em risco, permitindo intervenções pedagógicas atempadas e mais eficazes (Sharif et al., 2023).

Contudo, a utilização da IA no ensino levanta preocupações quanto à dependência excessiva que pode ser criada em relação a estas ferramentas. Se não for devidamente enquadrado, o uso sistemático da IA para resolver problemas pode enfraquecer as capacidades de pensamento crítico, reduzir a criatividade e comprometer a autonomia dos alunos no processo de aprendizagem. Além disso, essa dependência pode levar a uma menor interacção com professores e colegas, o que prejudica o desenvolvimento de competências socioemocionais. Acrescem ainda preocupações éticas relacionadas com a privacidade dos dados, os enviesamentos algorítmicos e o potencial de vigilância (Alam & Mohanty, 2023; Alzakwani et al., 2025; Apetorgbor et al., 2024; Panjabi et al., 2024).

3.2 Literacia, ética e responsabilidade

A própria dinâmica da relação aluno-professor pode ser afectada pela mediação tecnológica, comprometendo a comunicação e o sentimento de proximidade entre os intervenientes no processo de ensino-aprendizagem. A responsabilidade e autonomia de alunos e docentes nas interacções com sistemas de IA deve ser cuidadosamente analisada (Alam & Mohanty, 2023). Neste contexto, a promoção da literacia em IA torna-se fundamental. É essencial educar alunos e professores sobre os riscos e benefícios da IA para promover um uso responsável destas tecnologias (Jha & Singh, 2024; Talarico & Repetto, 2024). A literacia em IA ajuda os estudantes a lidar com a complexidade desta tecnologia e a compreender as suas implicações enquanto futuros cidadãos activos (Talarico & Repetto, 2024).

Importa ainda considerar a limitação que os algoritmos de IA podem impor à diversidade de perspectivas. Os conteúdos gerados ou apresentados por estas ferramentas podem reflectir enviesamentos presentes nos dados de origem ou nas lógicas subjacentes aos modelos utilizados, afectando a capacidade dos alunos para construir uma visão crítica, diversa e equilibrada do mundo.

Neste sentido, é fundamental incentivar a autonomia e o pensamento crítico no contexto da integração da IA no ensino. Enquanto professores, é essencial que, tendo em conta o nível de maturidade dos alunos, lhes proporcionemos uma base sólida nos fundamentos da IA antes de os expormos directamente à utilização destas ferramentas. Este processo implica, numa primeira fase, ensinar para a IA, ou seja,

garantir que os alunos compreendem os princípios básicos que sustentam esta tecnologia. Posteriormente, o foco deve passar para o ensino sobre a IA, com uma abordagem mais técnica que permita aos estudantes compreenderem e aplicarem estas ferramentas de forma autónoma e responsável. Este percurso deve ser acompanhado por actividades que estimulem a reflexão, o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de resolução de problemas.

A integração sustentável da IA exige uma abordagem holística, que considere os imperativos éticos e os impactos sociais da tecnologia no sector educativo (Stracke, 2024). A investigação futura deve incidir sobre os efeitos a longo prazo da educação mediada por IA, nomeadamente na retenção do conhecimento e no desenvolvimento de competências (Abrar et al., 2025). Neste processo, o currículo deverá incluir a literacia em IA, promovendo o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas, preparando os estudantes para um futuro onde esta tecnologia será uma constante (Jha & Singh, 2024; Talarico & Repetto, 2024).

Paralelamente, é necessário estabelecer políticas claras e específicas de protecção de dados dirigidas aos alunos. As instituições de ensino devem desenvolver uma estrutura regulamentar robusta que contemple questões fundamentais relacionadas com a utilização da IA, como a privacidade de dados, a transparência dos algoritmos, a equidade e a responsabilidade. Estas políticas não devem ser apenas adaptações genéricas das normas de protecção de dados existentes, mas sim medidas específicas e direccionadas, ajustadas ao contexto educacional e à idade dos estudantes.

Outro aspecto crucial passa pelo desenvolvimento de sistemas de IA que sejam verdadeiramente inclusivos e equitativos. Os criadores de ferramentas educativas baseadas em IA têm a responsabilidade de minimizar os enviesamentos algorítmicos e de garantir que os conteúdos apresentados aos alunos reflectam a diversidade de perspectivas existentes na sociedade. A realização de auditorias regulares aos algoritmos utilizados pode ser uma forma eficaz de detectar e corrigir potenciais distorções, assegurando assim uma representação justa e equilibrada da informação.

Por fim, importa abordar de forma prática as desigualdades no acesso à tecnologia. Para muitos alunos, a falta de recursos tecnológicos continua a ser uma barreira significativa à sua participação plena no ambiente educativo digital. Neste sentido, é urgente promover iniciativas de empréstimo e reciclagem de equipamentos dentro das escolas. Embora o investimento público na educação deva ser sempre uma prioridade nacional, é importante reconhecer que muitas vezes são as comunidades locais que, de forma mais imediata e próxima, conseguem prestar apoio concreto aos alunos em situação de vulnerabilidade. A renovação e reutilização de dispositivos, programas de empréstimo, parcerias entre o

sector público e privado e acções de doação geridas pelas próprias escolas são exemplos de práticas que podem fazer a diferença no combate à exclusão digital e no reforço da equidade educativa.

3.3. Os alunos como produtores de conteúdos

Actualmente, é relativamente fácil aceder a aplicações ou programas baseados em IA para criação e geração de conteúdos. No contexto escolar, como demonstram algumas experiências de professores, os alunos recorrem sobretudo a estas ferramentas para realizar e simplificar as suas tarefas. O passo seguinte será encorajá-los a não se limitarem à geração de conteúdo com IA, mas sim a explorar todas as potencialidades desta tecnologia.

Por exemplo, os estudantes podem começar por aprender sobre IA, desenhando e programando soluções simples baseadas nesta tecnologia, com o objectivo de adquirir os conceitos fundamentais e aplicá-los em contextos práticos relevantes para a sua aprendizagem. Trata-se de compreenderem como funciona a IA e de utilizarem esse conhecimento para criar as suas próprias soluções. Além disso, os estudantes podem criar conteúdos digitais através de ferramentas de IA, como geradores automáticos de conteúdos, *chatbots* educativos ou software de design assistido por IA. Neste contexto, poderiam desenvolver ou adaptar materiais de estudo interactivos como resumos, mapas mentais, infografias ou traduções, tutoriais personalizados, apresentações ou mesmo recursos de aprendizagem baseados em realidade aumentada ou virtual.

As experiências de aprendizagem potenciadas por IA aumentam significativamente o envolvimento dos alunos na criação de conteúdos mediáticos, desenvolvendo competências digitais e fomentando a criatividade (Alfarsi et al., 2024). Ferramentas como *machine learning* e o processamento de linguagem natural permitem gerar conteúdos instrucionais personalizados e experiências de aprendizagem interactivas, optimizando recursos educativos e estimulando a imaginação e a autonomia dos estudantes (Y. Wang & Wang, 2025).

A IA tem também um papel fundamental na promoção da inclusão e da equidade. As tecnologias de criação de conteúdos digitais e de produção mediática abrem espaço à participação de estudantes oriundos de contextos sociais e culturais diversos, promovendo uma representação mais justa no ambiente digital (Pellas, 2023). Estas ferramentas são particularmente úteis para alunos com necessidades educativas especiais, permitindo, por exemplo, transformar ideias em imagens digitais e desenvolver competências de conceptualização de forma mais acessível (Xi et al., 2023).

Outra possibilidade passa pela análise de dados e elaboração

de previsões com recurso a ferramentas de IA, o que lhes permite utilizar algoritmos de aprendizagem automática e técnicas de processamento de linguagem natural em diferentes áreas. Por exemplo, os alunos poderiam usar dados meteorológicos para prever o tempo numa determinada região ou analisar opiniões de utilizadores nas redes sociais para identificar tendências emergentes. Estas actividades promovem não só a compreensão de conceitos estatísticos e matemáticos, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas.

As plataformas baseadas em IA oferecem ainda percursos de aprendizagem personalizados, adaptando questionários, exercícios e experiências interactivas às necessidades de cada aluno, o que contribui para melhores resultados e maior retenção da aprendizagem (Apetorgbor et al., 2024; Sharma et al., 2024). Ao automatizar processos complexos e apoiar a aprendizagem adaptativa, a GenAI ajuda os estudantes a desenvolverem competências cruciais para o mercado de trabalho actual, como a criatividade, o pensamento crítico e a resolução de problemas (Elmourabit et al., 2024; C. Liu et al., 2025).

Contudo, apesar dos benefícios evidentes, é importante reconhecer os desafios associados à utilização da IA na educação. Entre eles, destacam-se a dependência excessiva da tecnologia, a possível redução da motivação intrínseca dos alunos e preocupações éticas relacionadas com a privacidade dos dados e os enviesamentos nos algoritmos (Alrayes et al., 2024; Campón, 2024). A utilização ética destas ferramentas exige transparência nos sistemas utilizados, políticas claras de protecção de dados e uma curadoria rigorosa dos conteúdos gerados (Alrayes et al., 2024).

Por isso, recomenda-se o desenvolvimento de programas de formação e oficinas que ajudem estudantes e professores a utilizar as ferramentas de IA de forma eficaz, com equilíbrio entre praticidade e pensamento crítico (Montenegro et al., 2024). Além disso, a integração curricular da literacia em IA, com foco em competências interdisciplinares e capacidades como o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas, será essencial para preparar os alunos para o futuro (C. Liu et al., 2025).

3.4. Os alunos como consumidores de conteúdos

Para além de assumirem um papel activo enquanto produtores de conteúdos, os alunos podem igualmente beneficiar de uma ampla variedade de ferramentas e recursos educativos baseados em IA no seu papel de consumidores.

As plataformas impulsionadas por IA oferecem experiências de aprendizagem personalizadas, ajustando os conteúdos às necessidades individuais de cada estudante, o que se traduz

numa melhoria do envolvimento, dos resultados e da retenção do conhecimento (Alfarsi et al., 2024; Bharathyvaraj & Masilamani, 2024; Mat Yusoff et al., 2025; Pellas, 2023; Singh, 2024). Estas plataformas recorrem à análise de dados para gerar percursos adaptativos, fornecendo feedback em tempo real e recursos personalizados (Alfarsi et al., 2024; Bharathyvaraj & Masilamani, 2024; Hingle & Johri, 2024; Zhang et al., 2025). Por exemplo, podem utilizar-se programas de tutoria personalizada que recorrem a algoritmos de IA para adaptar os conteúdos e as metodologias de ensino às características de cada aluno. Estas ferramentas de prática adaptativa ajustam automaticamente o nível de dificuldade e o tipo de exercícios, em função do progresso registado, permitindo ao estudante consolidar conceitos de forma eficiente e direccionada. Um exemplo seria a utilização de uma plataforma online que propõe actividades de revisão ajustadas ao desempenho do aluno, criando assim um percurso de aprendizagem personalizado.

Além disso, ferramentas como os Sistemas de Tutoria Inteligente (ITS), *chatbots* e assistentes virtuais ajudam a manter a atenção dos alunos, sobretudo nos primeiros anos do ensino superior, e a aumentar o seu envolvimento (Li et al., 2025). Alguns estudos indicam que os estudantes que frequentam ambientes de aprendizagem mediados por IA tendem a obter melhores resultados académicos, realizam tarefas com maior rapidez e demonstram níveis de motivação superiores face a contextos educativos tradicionais (Bharathyvaraj & Masilamani, 2024; Singh, 2024).

Os assistentes virtuais educativos baseados em IA representam também uma mais-valia, ao disponibilizarem respostas a dúvidas frequentes, explicações adicionais de conceitos difíceis e apoio na resolução de problemas. Poderia, por exemplo, ser criado um assistente virtual capaz de responder a questões dos alunos a qualquer hora, com explicações detalhadas e exemplos relevantes. Paralelamente, estas ferramentas permitem apoiar o corpo docente, automatizando tarefas administrativas e oferecendo feedback inteligente, o que liberta os professores para se focarem na qualidade pedagógica (Alfarsi et al., 2024; Griesbeck et al., 2024). A IA também pode ajudar na identificação precoce de alunos em risco, permitindo intervenções oportunas e decisões pedagógicas baseadas em dados (Hingle & Johri, 2024).

No entanto, a integração da IA em ambientes educativos exige atenção às implicações éticas. Questões como a privacidade dos dados, os enviesamentos algorítmicos e o risco de vigilância são preocupações reais (Alfarsi et al., 2024; Griesbeck et al., 2024; Pellas, 2023; Zhang et al., 2025). O uso responsável da IA requer uma avaliação contínua, políticas claras e a colaboração entre docentes, especialistas em tecnologia e decisores políticos (Alfarsi et al., 2024; Tan, 2024; Zhang et al., 2025). Acresce ainda o potencial impacto da IA na relação tradicional aluno-professor, que poderá

afectar a comunicação e o sentimento de proximidade, bem como levantar dúvidas quanto à responsabilidade e autonomia dos intervenientes nas interações mediadas por estas tecnologias (Griesbeck et al., 2024).

Os sistemas de gestão de aprendizagem (*Learning Management Systems*, LMS) facilitam a administração, disponibilização e monitorização das actividades escolares, promovendo a adaptação dos conteúdos, a emissão de recomendações personalizadas e o acompanhamento do progresso dos estudantes. Estes sistemas podem, por exemplo, priorizar a apresentação de conteúdos multimédia em detrimento de longos blocos de texto, sempre que o perfil de aprendizagem do aluno assim o justifique.

Para responder a estes desafios, torna-se essencial reforçar a literacia em IA, tanto entre alunos como entre professores. Compreender os riscos e benefícios associados a estas tecnologias é fundamental para promover um uso crítico e responsável. Desenvolver esta literacia permitirá aos estudantes navegar as complexidades associadas à IA e compreender o seu impacto nos diferentes domínios da vida e da cidadania activa (Lu et al., 2024).

Assim, a integração sustentável da IA na educação exige uma abordagem holística, que inclua as implicações éticas e sociais (Tan, 2024). A investigação futura deverá também analisar os efeitos a longo prazo da utilização da IA na retenção do conhecimento e no desenvolvimento de competências (Bharathyvaraj & Masilamani, 2024). Neste enquadramento, é fundamental que os currículos escolares incluam a literacia em IA, com ênfase no pensamento crítico, na criatividade e na resolução de problemas, preparando os alunos para um futuro em que a inteligência artificial estará profundamente integrada nas suas vidas e profissões (Lu et al., 2024).

4. Os professores e os desafios na adaptação à IA

A rápida evolução da IA pode ser desafiante para os professores, sobretudo para aqueles que têm menos familiaridade com as novas tecnologias educativas. Manter-se actualizado e aprender a utilizar estas ferramentas de forma eficaz e ética implica um esforço adicional de formação contínua e desenvolvimento profissional. Esta exigência pode gerar alguma apreensão, agravada pela percepção de que o papel do professor poderá estar em risco. À medida que se reforça a dependência de sistemas baseados em IA para a personalização da aprendizagem, a gestão de processos educativos e a avaliação, existe o risco de os docentes se sentirem relegados para um papel secundário, perdendo margem de manobra na tomada de decisões pedagógicas (Azifah et al., 2024; Dubey & Crevar, 2025).

A IA tem, de facto, o potencial de transformar profundamente a prática pedagógica. Ferramentas como sistemas de tutoria inteligente, plataformas adaptativas de aprendizagem e sistemas automáticos de correcção podem apoiar os professores na criação de experiências educativas mais personalizadas e eficazes (Azifah et al., 2024; Dubey & Crevar, 2025; Gupta et al., 2024). Para além disso, a automação de tarefas administrativas, como a correcção e o fornecimento de feedback, permite aos docentes dedicarem mais tempo à interacção directa com os alunos e ao planeamento de actividades lectivas (Ahmad et al., 2022; Villegas-Ch et al., 2024).

No entanto, esta integração não deve ser entendida como uma substituição do professor, mas antes como um reforço do seu papel. A IA deve funcionar como uma ferramenta complementar que potencia a capacidade dos docentes para conceber, implementar e avaliar actividades educativas, promovendo um ambiente de aprendizagem mais eficaz (Azifah et al., 2024; Jin et al., 2024; J. Liu & Wang, 2020).

4.1 Competências e formação docente e desafios associados

Torna-se essencial investir no desenvolvimento profissional contínuo dos professores, dotando-os de competências em literacia em IA e permitindo-lhes compreender as suas implicações éticas e os potenciais enviesamentos associados a estas tecnologias (Çoban & Durnali, 2025; Y. Miao & Yao, 2021; Nair, 2025). Esta formação pode assumir a forma de oficinas, cursos online, seminários ou outros recursos acessíveis, destinados a fornecer as competências necessárias para integrar a IA de forma eficaz na prática pedagógica. Simultaneamente, é importante fomentar a colaboração entre professores, promovendo a partilha de boas práticas.

No entanto a utilização de ferramentas de IA na sala de aula exige que os professores lidem com grandes volumes de dados dos alunos. Por isso, é essencial que compreendam e respeitem os regulamentos sobre protecção de dados, garantindo a confidencialidade da informação e promovendo um ambiente de aprendizagem seguro (Chaudhary et al., 2024; Dubey & Crevar, 2025; Ramesh, 2025). Para além disso, uma vez recolhidos os dados, é necessário que os professores saibam interpretá-los de forma objectiva e profissional, assegurando que as decisões tomadas são devidamente fundamentadas.

A infra-estrutura tecnológica necessária para uma integração eficaz da IA constitui também um desafio importante. A desigualdade no acesso a equipamentos e conectividade pode comprometer a equidade na utilização destas tecnologias e impedir a sua implementação em muitos

contextos escolares (Almuhanna, 2025; Ramesh, 2025). No ensino superior, por exemplo, a IA tem vindo a ser usada para melhorar a pedagogia, apoiar o corpo docente e aumentar a eficiência administrativa através de sistemas de aprendizagem adaptativa, tutoria inteligente e correcção automática (Dubey & Crevar, 2025; Gupta et al., 2024). Já no ensino básico e secundário, as ferramentas de IA são utilizadas para personalizar a aprendizagem, apoiar actividades extracurriculares e melhorar o desempenho dos alunos, sendo os professores peças-chave na sua aplicação efectiva (Almuhanna, 2025; Khalil et al., 2024).

Acresce ainda o risco de enviesamentos, erros ou falta de diversidade nos conteúdos gerados por ferramentas de IA Gen. Tal como acontece com os alunos, os materiais criados automaticamente podem conter falhas que comprometem a qualidade da experiência de aprendizagem. Os motores de recomendação, por exemplo, podem favorecer determinados tipos de conteúdos em detrimento de outros, limitando o acesso a uma maior diversidade de recursos educativos. Também na avaliação, os sistemas automatizados apresentam limitações na apreciação de respostas complexas ou criativas, sobretudo quando não há uma revisão humana. O próprio Regulamento Europeu da Inteligência Artificial, *Laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations* (European Union [EU], 2024), reconhece esta fragilidade, classificando como “de alto risco” os sistemas de IA destinados à avaliação de resultados de aprendizagem.

4.2. Autonomia docente e supervisão humana

Outro aspecto fundamental passa por encontrar um equilíbrio entre a autonomia docente e a inovação tecnológica. As instituições de ensino e os organismos públicos devem adoptar uma abordagem equilibrada na utilização da IA, garantindo que as decisões pedagógicas continuam a ser tomadas pelos professores (C. Wang, 2021). As ferramentas baseadas em IA devem ser vistas como recursos complementares que potenciam o processo de ensino e aprendizagem, sem substituírem o papel central do professor.

Volta a destacar-se, neste contexto, a necessidade de assegurar a protecção dos dados dos alunos. Já foi referida a importância da implementação de medidas robustas de privacidade e segurança, mas importa sublinhar que os professores devem ser formados para utilizar e interpretar correctamente os dados recolhidos. Estes dados podem apoiar o trabalho do professor, mas nunca devem substituir o seu julgamento profissional enquanto educador.

A revisão crítica dos conteúdos gerados por IA é igualmente essencial para garantir a diversidade e qualidade do material pedagógico. Para esse efeito, é útil promover colaborações com especialistas em educação e produtores de conteúdos,

assegurando a disponibilização de recursos que cumpram critérios rigorosos de qualidade.

Por fim, importa assegurar o cumprimento dos requisitos definidos no Regulamento Europeu da Inteligência Artificial no que respeita aos sistemas de avaliação. Estes requisitos incluem a utilização de dados fiáveis e representativos, a adequação ao contexto de aplicação, o combate aos enviesamentos na análise de dados, a transparência no funcionamento dos sistemas e a supervisão humana como forma de garantir a integridade do processo. A avaliação automatizada pode, de facto, trazer maior eficiência, mas os seus resultados devem ser sempre analisados pelos professores, que lhes acrescentam o necessário rigor, equidade e sentido pedagógico. Estes sistemas devem, sempre que necessário, ser complementados por métodos tradicionais de avaliação que permitam valorizar competências mais complexas ou criativas (C. Wang, 2021; L. Wang, 2020).

5. Oportunidades e desafios para as instituições

A integração da Inteligência Artificial no sector da educação representa uma oportunidade para transformar as formas de ensinar e aprender, mas levanta também desafios complexos ao nível da gestão e do desenvolvimento das instituições de ensino e das administrações educativas. Para além da adopção de ferramentas avançadas, surgem questões importantes relacionadas com a autonomia pedagógica, a equidade no acesso, a protecção de dados e a qualidade dos conteúdos educativos. Estes são desafios que requerem uma abordagem ponderada e sustentável por parte das escolas e administrações, para que consigam adaptar-se com sucesso a este novo paradigma educativo e garantir que a IA enriquece verdadeiramente a experiência de aprendizagem dos alunos.

A introdução da IA pode, de facto, contribuir para uma maior eficiência pedagógica, simplificando tarefas rotineiras e libertando tempo para a intervenção directa dos professores. Ferramentas como sistemas inteligentes de tutoria, plataformas de aprendizagem adaptativa e correcção automatizada permitem oferecer experiências educativas mais personalizadas e eficazes, enquanto apoiam a avaliação e o acompanhamento da aprendizagem (Abdulmunem, 2023; Kaswan et al., 2024; Kshirsagar et al., 2022). Do ponto de vista administrativo, estas tecnologias facilitam a gestão de dados e de tarefas logísticas, permitindo aos docentes concentrarem-se nas actividades de ensino propriamente ditas (Osman & Ahmed, 2024; Rajput, 2025).

Uma das mais-valias da IA prende-se com a capacidade de proporcionar percursos de aprendizagem personalizados, adaptados às necessidades, estilos e ritmos de cada aluno. Isto é possível através de sistemas adaptativos, tutores inteligentes e feedback automatizado que ajustam os conteúdos e estratégias em tempo real (Kaswan et al., 2024; Osman & Ahmed, 2024; Rajput, 2025). Por outro lado, a utilização de *chatbots* e tutores

virtuais permite aumentar o envolvimento dos alunos e garantir um apoio contínuo (Rajput, 2025; Žammit, 2025).

5.1 Desafios, Questões éticas e regulamentares

Contudo, persistem vários riscos e limitações que não podem ser ignorados. Em primeiro lugar, a integração da IA levanta sérias preocupações éticas, sobretudo no que respeita à privacidade dos dados dos alunos, aos enviesamentos dos algoritmos e ao risco de disseminação de conteúdos falsos (*deepfakes*) (Babenko & Bezuglova, 2025; Karan & Angadi, 2023; Popenici, 2023). Para garantir a justiça e segurança na utilização destas tecnologias, é fundamental desenvolver políticas claras e robustas que assegurem a transparência dos sistemas e a protecção dos direitos dos utilizadores.

Outro desafio prende-se com a formação adequada dos docentes. Para que a IA possa ser eficazmente integrada no currículo e nas práticas de ensino, é necessário que os professores compreendam o seu funcionamento, saibam utilizá-la de forma crítica e estejam preparados para lidar com as suas implicações éticas (Alzakwani et al., 2025; El Din, 2025). Muitos educadores continuam a recear que a IA possa desvalorizar a dimensão humana do ensino, tornando a aprendizagem mais automatizada e impessoal (Alam & Mohanty, 2023; Çela et al., 2024). É, por isso, essencial reforçar que a IA deve complementar — e não substituir — os modelos pedagógicos tradicionais.

A integração efectiva da IA também implica uma reestruturação das infra-estruturas escolares. A modernização das redes e a implementação de sistemas computacionais de alto desempenho são condições essenciais para que estas tecnologias funcionem de forma eficaz (Babenko & Bezuglova, 2025). Ao mesmo tempo, é necessário garantir que as escolas dispõem dos recursos adequados para assegurar a equidade no acesso, evitando que se acentuem desigualdades já existentes (Alzakwani et al., 2025; Popenici, 2023).

5.2 Aplicações práticas e inovação pedagógica

Na prática, a IA pode ser aplicada em várias frentes. As plataformas de aprendizagem adaptativa ajustam os conteúdos com base no estilo e ritmo de aprendizagem de cada aluno, proporcionando percursos personalizados e feedback em tempo real (Gupta et al., 2024; Osman & Ahmed, 2024). Por outro lado, a análise comportamental, baseada em algoritmos, permite monitorizar o envolvimento e o bem-estar emocional dos alunos, possibilitando intervenções mais rápidas e eficazes por parte dos professores (Trabelsi et al., 2023). Finalmente, os sistemas inteligentes de tutoria oferecem recomendações específicas com base nas interações em tempo real, fomentando uma compreensão mais profunda dos conteúdos e aumentando o envolvimento do aluno (Gupta et al., 2024; Kaswan et al., 2024).

A integração da inteligência artificial nas escolas deve, por isso, ser orientada por uma visão estratégica que articule inovação tecnológica, desenvolvimento humano e responsabilidade ética. A IA tem, sem dúvida, potencial para melhorar os processos educativos e administrativos, mas o seu sucesso dependerá da forma como for implementada, supervisionada e permanentemente avaliada.

6. Conclusões

A Inteligência Artificial está a afirmar-se como uma tecnologia com elevado potencial transformador, impactando praticamente todas as esferas da vida quotidiana, desde a saúde e as finanças até à mobilidade e à preservação ambiental.

No sector educativo, a IA revela-se uma ferramenta com capacidade para redefinir profundamente os processos de ensino e aprendizagem. A personalização da aprendizagem, o apoio tutorial virtual, a automatização de tarefas administrativas, a análise de dados e o desenvolvimento de novos recursos pedagógicos ilustram bem a amplitude do seu impacto. No entanto, para que estas potencialidades se traduzam em benefícios reais, é fundamental que toda a comunidade educativa, i.e., professores, alunos, famílias e decisores, desenvolva conhecimentos sólidos sobre IA, promovendo uma utilização crítica, ética e responsável.

Uma estratégia promissora nesse sentido é a proposta pela Comissão Europeia, que recomenda três formas complementares de integração da IA na educação: ensinar para a IA, ensinar sobre a IA e ensinar com IA. Esta abordagem não apenas enriquece o processo educativo, como também prepara os alunos para os desafios de um mundo crescentemente digitalizado.

Apesar das suas vantagens, a adoção da IA não está isenta de riscos. As preocupações com a privacidade dos dados, a segurança dos sistemas, os enviesamentos algorítmicos e as desigualdades de acesso devem ser encaradas com seriedade. Por isso, impõe-se um esforço contínuo de atualização legislativa e regulatória, de modo a responder de forma adequada aos desafios emergentes e garantir que os benefícios da IA sejam distribuídos de forma justa e equitativa.

Neste contexto, é essencial prestar atenção redobrada a temas como a promoção da igualdade de género, a transparência na utilização de dados e algoritmos e a necessidade de avaliação contínua e rigorosa dos impactos da tecnologia.

A criação de enquadramentos normativos como o Regulamento Europeu para a Inteligência Artificial e a Estratégia Nacional de Inteligência Artificial em Espanha evidencia a crescente importância de políticas públicas que conciliem a proteção dos direitos fundamentais com o incentivo ao desenvolvimento responsável e sustentável desta tecnologia.

Referências

- Abdulmunem, R. A. (2023). Artificial intelligence in education. In *Comparative Research on Diversity in Virtual Learning: Eastern vs. Western Perspectives* (pp. 241–255). <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3595-3.ch012>
- Abrar, M., Aboraya, W., Khaliq, R. A., Subramanian, K. P., Husaini, Y. A., & Hussaini, M. A. (2025). *AI-Powered Learning Pathways: Personalized Learning and Dynamic Assessments. International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 16(1), 454–462. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2025.0160145>
- Ahmad, S. F., Alam, M. M., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., & Hyder, S. I. (2022). *Academic and Administrative Role of Artificial Intelligence in Education. Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031101>
- Alam, A. (2023). Intelligence unleashed: An argument for AI-enabled learning ecologies with real world examples of today and a peek into the future. *AIP Conference Proceedings*, 2717. <https://doi.org/10.1063/5.0129803>
- Alam, A., & Mohanty, A. (2023). Facial Analytics or Virtual Avatars: Competencies and Design Considerations for Student-Teacher Interaction in AI-Powered Online Education for Effective Classroom Engagement. *Communications in Computer and Information Science*, 1894 CCIS, 252–265. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43145-6_21
- Alfarsi, G., Al-Rahmi, W. M., Tawafak, R. M., Alyoussef, I. Y., Alshimai, A., & Aldaijy, A. (2024). Using Artificial Intelligence to Influence Student Engagement in Media Content Creation. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 18(24), 38–50. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i24.51911>
- Ali, A., Khan, R. M. I., Manzoor, D., Mateen, M. A., & Khan, M. A. (2025). AI-Powered e-Learning: Innovations, Challenges, and the Future of Education. *International Journal of Information and Education Technology*, 15(5), 882–890. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.5.2294>
- Almuhanna, M. A. (2025). Teachers' perspectives of integrating

- AI-powered technologies in K-12 education for creating customized learning materials and resources. *Education and Information Technologies*, 30(8), 10343–10371. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13257-y>
- Alotaibi, N. S. (2024). The Impact of AI and LMS Integration on the Future of Higher Education: Opportunities, Challenges, and Strategies for Transformation. *Sustainability (Switzerland)*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/su162310357>
- Alrayes, A., Henari, T. F., & Ahmed, D. A. (2024). ChatGPT in Education – Understanding the Bahraini Academics Perspective. *Electronic Journal of E-Learning*, 22(2 Special Issue), 112–134. <https://doi.org/10.34190/EJEL.22.2.3250>
- Alzakwani, M. H. H., Zabri, S. M., & Ali, R. R. (2025). Enhancing university teaching and learning through integration of artificial intelligence in information and communication technology. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(1), 1345–1357. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i1.4647>
- Apetorgbor, M., Akpabio, E., & Narad, S. (2024). A Comprehensive Review of Personalized Learning Platforms and Their Impact on Student Performance in AI Education. *2024 2nd DMIHER International Conference on Artificial Intelligence in Healthcare, Education and Industry, IDICAIEI 2024*. <https://doi.org/10.1109/IDICAIEI61867.2024.10842824>
- Azifah, N., Nikmah, F., & Kuanr, J. (2024). The Impact of AI on Teacher Roles and Pedagogy in the 21st Century Classroom. *2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems, ICKECS 2024*. <https://doi.org/10.1109/ICKECS61492.2024.10617236>
- Babenko, I., & Bezuglova, E. (2025). Integration of Artificial Intelligence into Teaching Methods in the Humanities and Natural Sciences. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 1222 LNNS, 295–303. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78776-8_29
- Bermeo-Paucar, J., Pérez-Martínez, L., & Villalobos-Antúnez, J. V. (2024). Educational Artificial Intelligence. “Fifth Wave”, Connectivism and Pedagogical Digital Innovation. *European Public and Social Innovation Review*, 9. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1599>
- Bharathyvaraj, R., & Masilamani, V. (2024). Prospective Applications of Artificial Intelligence (AI) to Enhance Consistent Attention in First-Year Undergraduate Students in the Education Sector. *IET Conference Proceedings*, 2024(23), 136–140. <https://doi.org/10.1049/icp.2024.4414>
- Bhardwaj, K., & Sudan, S. (2024). Artificial intelligence's role and future implementation in education. In *AI-Enhanced Teaching Methods* (pp. 160–175). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2728-9.ch007>
- Blake, J. (2023). Unleashing the potential: Positive impacts of generative AI on learning and teaching. In *Generative AI in Teaching and Learning* (pp. 31–45). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0074-9.ch002>
- Campón, E. M. M. (2024). Artificial Intelligence in the teaching of Financial and Tax Law. *Revista de Educacion y Derecho*, 2, 446–459. <https://doi.org/10.1344/REYD2024.2Extraordinario.49199>
- Cassidy, D., Borgne, Y.-A. Le, Bellas, F., Vuorikari, R., Rondin, E., Sharma, M., Niewint-Gori, J., Gröple, J., Gilleran, A., & Kralj, L. (2023). *Use Scenarios & Practical Examples of AI Use in Education* (Briefing r). European Digital Education Hub's squad on artificial intelligence in education. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.12320>
- Çela, E., Vajjhala, N. R., & Fonkam, M. M. (2024). Teachers' roles and perspectives on AI integration in schools. In *Teachers' Roles and Perspectives on AI Integration in Schools*. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1017-6>
- Chan, M. M., Rosales, M., Hernandez-Rizzardini, R., & Amado-Salvatierra, H. R. (2025). Ethical AI in Education: A Proposed Model for Responsible Integration. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016451>
- Chaudhary, N., Jain, P., & Sharma, C. (2024). From Traditional to Technological: The Evolving Role of Teachers in the AI-Powered Classroom. In *Fostering Teacher Skills and Critical Thinking in Modern Education* (pp. 79–107). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1692-5.ch004>
- Chiavarino, C., Rocchi, A., Santoro, R., & Tarditi, C. (2025). University education in the era of generative artificial intelligence. In *The university in the digital age* (pp. 101–116).
- Chiu, T. K. F. (2024). The impact of Generative AI (GenAI) on practices, policies and research direction in education: a case of ChatGPT and Midjourney. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 6187–6203. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2253861>
- Çoban, O., & Durnali, M. (2025). Teacher leadership and AI literacy: An analysis of teachers' AI literacy levels. In

Holistic Approaches to Teacher Development: Leadership, Pedagogical Practices, and Cognitive Insights (pp. 1–24). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0472-4.ch001>

Del Mundo, M. A., Reyes, E. F. D., Gervacio, E. M., Manalo, R. B., Book, R. J. A., Chavez, J. V., Espartero, M. M., & Sayadi, D. S. (2024). Discourse analysis on experience-based position of science, mathematics, and Tech-Voc educators on generative AI and academic integrity. *Environment and Social Psychology*, 9(8). <https://doi.org/10.59429/esp.v9i8.3028>

Dragojević, T. N., & Letić Lungulov, M. M. (2024). Artificial Intelligence in the Educational Context: Value and Challenges. *Didactica Slovenica - Pedagoska Obzorja*, 39(1), 98–108. <https://doi.org/10.55707/ds-po.v39i1.117>

Dubey, P. K., & Crevar, A. R. (2025). Integrating artificial intelligence in higher education: Enhancing pedagogy, instruction, and administration. In *AI Integration Into Andragogical Education* (pp. 181–208). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0502-8.ch008>

El Din, A. M. G. (2025). Enhancing teacher preparation programs through integration of artificial intelligence: A pathway to innovation. In *Prompt Engineering and Generative AI Applications for Teaching and Learning* (pp. 31–51). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7332-3.ch003>

Elmourabit, Z., Retbi, A., & El Faddouli, N.-E. (2024). The Impact of Generative Artificial Intelligence on Education: A Comparative Study. *Proceedings of the European Conference on E-Learning, ECEL*, 23(1), 470–476.

European Commission: Directorate-General for Education Sport and Culture, Y. (2022). *Ethical guidelines on the use of artificial intelligence (AI) and data in teaching and learning for educators*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/doi/10.2766/153756>

European Union [EU]. (2024). *Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 an*. <https://doi.org/1977-0677>

Gabriel, S. (2024). Generative AI and Educational (In)Equity. *Proceedings of the 4th International Conference on AI Research, ICAIR 2024*, 133–142.

García-Peñalvo, F. J. (2023). Generative Artificial Intelligence. Open Challenges, Opportunities, and Risks in Higher Education.

CEUR Workshop Proceedings, 3696, 4–15.

Griesbeck, A., Zrenner, J., Moreira, A., & Au-Yong-Oliveira, M. (2024). AI in Higher Education: Assessing Acceptance, Learning Enhancement, and Ethical Considerations Among University Students. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 987 LNNS, 214–227. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60221-4_21

Gupta, S., Dharamshi, R. R., & Kakde, V. (2024). An Impactful and Revolutionized Educational Ecosystem using Generative AI to Assist and Assess the Teaching and Learning benefits, Fostering the Post-Pandemic Requirements. *2nd International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering, Ic-ETITE 2024*. <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE58242.2024.10493370>

Hingle, A., & Johri, A. (2024). Expanding AI Awareness Through Everyday Interactions with AI: A Reflective Journal Study. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*. <https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10892993>

Jha, S., & Singh, S. (2024). How Do Senior Secondary Level Students and Their Teachers Perceive Artificial Intelligence and Its Implementation? An Exploratory Study. *Communications in Computer and Information Science*, 2127 CCIS, 30–43. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68617-7_3

Jin, Z., Goyal, S. B., & Rajawat, A. S. (2024). The Informational Role of Artificial Intelligence in higher Education in the New era. *Procedia Computer Science*, 235, 1008–1023. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.096>

Karan, B., & Angadi, G. R. (2023). Potential Risks of Artificial Intelligence Integration into School Education: A Systematic Review. *Bulletin of Science, Technology and Society*, 43(3–4), 67–85. <https://doi.org/10.1177/02704676231224705>

Kaswan, K. S., Dhatteval, J. S., & Ojha, R. P. (2024). AI in personalized learning. In *Advances in Technological Innovations in Higher Education: Theory and Practices* (pp. 103–117). <https://doi.org/10.1201/9781003376699-9>

Khalil, M., Shakya, R., Liu, Q., & Ebner, M. (2024). How to Plan and Manage a Blended Learning Course Module Using Generative Artificial Intelligence? In *Case Studies on Blended Learning in Higher Education: Policy, Planning and Quality Assurance* (pp. 53–72). https://doi.org/10.1007/978-981-97-9388-4_4

Kok, C. L., Ho, C. K., Koh, Y. Y., Wen Heng, J. B., & Teo, T. H. (2024). Psychological Aspects of AI Enhanced Learning Experiences. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, 1302–1305. <https://doi.org/10.1109/>

TENCON61640.2024.10902839

- Kshirsagar, P. R., Jagannadham, D. B. V, Alqahtani, H., Noorulhasan Naveed, Q., Islam, S., Thangamani, M., & Dejene, M. (2022). Human Intelligence Analysis through Perception of AI in Teaching and Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9160727>
- Li, W., Li, K., & Wu, D. (2025). AI in Higher Education: A Survey-Based Empirical Study on Applications and Student Expectations. *2025 14th International Conference on Educational and Information Technology, ICEIT 2025*, 501–505. <https://doi.org/10.1109/ICEIT64364.2025.10976153>
- Liu, C., Chai, K. K., & Chen, Y. (2025). The Transformative Role of Generative AI in Higher Education: Perspectives from Academia and Industry. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016643>
- Liu, J., & Wang, S. (2020). The change of teachers' role in teaching under the environment of "artificial Intelligence +." *Proceedings - 2020 International Conference on Artificial Intelligence and Education, ICAIE 2020*, 98–102. <https://doi.org/10.1109/ICAIE50891.2020.00030>
- Lu, G., Hussin, N. B., & Sarkar, A. (2024). Navigating the Future: Harnessing Artificial Intelligence Generated Content (AIGC) for Enhanced Learning Experiences in Higher Education. *2024 International Conference on Advances in Modern Age Technologies for Health and Engineering Science, AMATHE 2024*. <https://doi.org/10.1109/AMATHE61652.2024.10582123>
- Maree, M., Azmat, F., & Jameel, A. (2024). ROLE OF AI IN HIGHER EDUCATION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF USING AI TECHNOLOGIES. *SEFI 2024 - 52nd Annual Conference of the European Society for Engineering, Proceedings: Educating Responsible Engineers*, 1840–1853. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14256897>
- Mat Yusoff, S., Mohamad Marzaini, A. F., Hao, L., Zainuddin, Z., & Basal, M. H. (2025). Understanding the role of AI in Malaysian higher education curricula: an analysis of student perceptions. *Discover Computing*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s10791-025-09567-5>
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://doi.org/https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Miao, Y., & Yao, Y. (2021). Professional Development of College Teachers in the Era of Artificial Intelligence: Role Rebuilding and Development Path. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1233 AISC, 618–626. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51431-0_89
- Mishra, P., Henriksen, D., Woo, L. J., & Oster, N. (2025). Control vs. Agency: Exploring the History of AI in Education. *TechTrends*, 69(2), 247–253. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01064-2>
- Montenegro, S., Loor, J., Posligua, K., Mendoza, K., Chancay, C., & Suastegui, S. (2024). The Impact of Artificial Intelligence on the Educational Process of University Students. *Proceedings of the International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics, IMSCI, 2024-Septe*, 86–90. <https://doi.org/10.54808/IMSCI2024.01.86>
- Nair, H. B. (2025). BUILDING TEACHER CAPACITY FOR EFFECTIVE INTEGRATION OF GENAI INTO CLASSROOM: A Framework for Teacher Education Programs. In *Generative Artificial Intelligence Empowered Learning: a new Frontier in Educational Technology* (pp. 192–206). <https://doi.org/10.1201/9781003422433-9>
- Ortega-Moody, J., Jenab, K., Moslehpour, S., Del Carmen Molina Acosta, L., Jhohan Marin Garcia, E., & Torres Marin, J. N. (2025). SWOT Analysis of Artificial Intelligence in Education. *EDUNINE 2025 - 9th IEEE Engineering Education World Conference: Education in the Age of Generative AI: Embracing Digital Transformation - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE62377.2025.10981366>
- Osman, S. A., & Ahmed, Z. E. (2024). Navigating AI integration: Case studies and best practices in educational transformation. In *AI-Enhanced Teaching Methods* (pp. 240–267). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2728-9.ch011>
- Panjabi, R., Al-Sa'di, A., & Ahmad, E. (2024). Advantage of Using AI In Education to Enhance Learning: Review and Analysis. *2024 2nd DMIHER International Conference on Artificial Intelligence in Healthcare, Education and Industry, IDICAIEI 2024*. <https://doi.org/10.1109/IDICAIEI61867.2024.10842853>
- Paschal, M. J., & Melly, I. K. (2023). Ethical guidelines on the use of AI in education. In *Creative AI Tools and Ethical Implications in Teaching and Learning* (pp. 230–245). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0205-7.ch013>
- Pellas, N. (2023). The influence of sociodemographic factors on students' attitudes toward AI-generated video content creation. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00276-4>

- Pereira, C. S., Ferreira, M. J., Sobral, S. R., Durão, N., & Moreira, F. (2024). Enhancing Higher Education in Portugal: Leveraging Generative Artificial Intelligence for Learning-Teaching Process. *Proceedings of the European Conference on E-Learning, ECEL*, 23(1), 289–298.
- Popenici, S. (2023). The critique of AI as a foundation for judicious use in higher education. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(2), 378–384. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.4>
- Rajput, R. (2025). Use of artificial intelligence to solve problems in the classroom. In *New Technological Applications in the Flipped Learning Model* (pp. 137–168). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0437-3.ch005>
- Ramesh, M. R. (2025). Challenges of integrating artificial intelligence with language curriculum: Addressing pedagogical, technological, and ethical barriers. In *Modern Methods for AI-Integrated Language Curriculum* (pp. 205–229). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9606-3.ch008>
- Ramos, R. F., De Angel, R. M., Ruetas, A. P., Enrile, J. C., Calimbo, A. L., & Vargas, P. C. (2024). Impact Assessment of ChatGPT and AI Technologies Integration in Student Learning: An Analysis for Academic Policy Formulation. *Proceedings - 2024 6th International Workshop on Artificial Intelligence and Education, WAIE 2024*, 87–92. <https://doi.org/10.1109/WAIE63876.2024.00023>
- Rathore, V. D., & Laghari, T. (2025). Investigating advantages and disadvantages of using artificial intelligence at tertiary level. In *AI Applications for English Language Learning* (pp. 355–384). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9077-1.ch014>
- Sharif, M., Munz, F., & Uckelmann, D. (2023). KNIGHT Learning Analytics Architecture for Betterment of Student Education. In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* (Vol. 190, pp. 42–52). https://doi.org/10.1007/978-981-99-7947-9_4
- Sharma, S. K., Dixit, R. J., Rai, D., & Mall, S. (2024). Artificial intelligence and machine learning in smart education. In *Infrastructure Possibilities and Human-Centered Approaches With Industry 5.0* (pp. 86–106). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0782-3.ch006>
- Shete, S. G., Koshti, P., & Pujari, V. I. (2024). The Impact of AI-Powered Personalization on Academic Performance in Students. *5th International Conference on Recent Trends in Computer Science and Technology, ICRTCST 2024 - Proceedings*, 295–301. <https://doi.org/10.1109/ICRTCST61793.2024.10578480>
- Sholeh, M. I. (2025). Educational Transformation Through Artificial Intelligence: Implementation of AI Tools in the Teaching and Learning Process. In *Implementing AI Tools for Language Teaching and Learning* (pp. 25–40). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7260-9.ch002>
- Singh, P. (2024). Artificial intelligence and student engagement: Drivers and consequences. In *Cases on Enhancing P-16 Student Engagement With Digital Technologies* (pp. 201–231). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5633-3.ch008>
- Stracke, C. M. (2024). Artificial Intelligence and Education: Ethical Questions and Guidelines for Their Relations Based on Human Rights, Democracy, and the Rule of Law. In *Lecture Notes in Educational Technology: Vol. Part F3960* (pp. 97–107). https://doi.org/10.1007/978-981-97-8638-1_7
- Suresh Babu, C. V, Yuvansankar, M., & Tharuneshwaran, K. (2025). Personalized learning and student engagement: Leveraging AI for enhanced learning experiences in distance education. In *AI and Learning Analytics in Distance Learning* (pp. 73–102). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7195-4.ch004>
- Talarico, M., & Repetto, M. (2024). Designing an artificial intelligence curriculum for primary schooling. In *School Children and the Challenge of Managing AI Technologies: Fostering a Critical Relationship through Aesthetic Experiences* (pp. 261–270). <https://doi.org/10.4324/9781032694283-26>
- Tan, S. F. (2024). Perceptions of students on artificial intelligence-generated content avatar utilization in learning management system. *Asian Association of Open Universities Journal*, 19(2), 170–185. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-12-2023-0142>
- Trabelsi, Z., Alnajjar, F., Parambil, M. M. A., Gochoo, M., & Ali, L. (2023). Real-Time Attention Monitoring System for Classroom: A Deep Learning Approach for Student's Behavior Recognition. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/bdcc7010048>
- UNESCO. (2019). *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education* (p. 70). UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
- Vetrivel, S. C., Vidhyapriya, P., & Arun, V. P. (2024). The Role of AI in Transforming Assessment Practices in Education. In *AI Applications and Strategies in Teacher Education* (pp. 43–70). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5443-8.ch003>
- Viana, C. M., & Rocha, J. (2025). GeoAI : Entre Métodos Tradicionais e Novos Paradigmas Espaciais. In E. Reis (Ed.), *Inteligência Artificial e Geografia* (pp. 28–37). Associação Portuguesa

de Geógrafos. https://www.apgeo.pt/sites/default/files/inforgeo_27_-_2025_7.pdf

Villegas-Ch, W., Govea, J., Albuja, R., Buenano-Fernandez, D., & Mera-Navarrete, A. (2024). Optimizing Automated Educational Systems: Adaptive Syllabus Generation and Precise Assessment Using Artificial Intelligence. *IEEE Access*, 12, 173390–173409. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3503532>

Wang, C. (2021). The value orientation of teachers' role in artificial intelligence teaching environment based on information technology. *ACM International Conference Proceeding Series*, 951–954. <https://doi.org/10.1145/3482632.3483059>

Wang, L. (2020). Artificial Intelligence and Career Development of College Teachers: Challenge and Countermeasures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1550(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1550/2/022030>

Wang, Y., & Wang, B. (2025). "empowering Smart Teaching with AIGC in the Integration of Specialization and Innovation": An Exploration and Practice". *Proceedings of 2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Education, ICAIE 2024*, 346–351. <https://doi.org/10.1145/3722237.3722297>

Xi, L., Newman, L., Alex, C., Wun Kam Reginia, L., Ada How Sim, H., Mohana, D., Mengru, L., & Cheuk Lam, K. (2023). Understanding Students' Perspectives, Practices, and Challenges of Designing with AI in Special Schools. *ACM International Conference Proceeding Series*, 197–209. <https://doi.org/10.1145/3629606.3629625>

Yamijala, S. M. S., Murthy Chodisetty, R. S. C., Chakravorty, C., & Pardha Sai, K. (2024). AI-powered learning revolutionizing smart education with personalized learning styles. In *Internet of Behavior-Based Computational Intelligence for Smart Education Systems* (pp. 191–211). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8151-9.ch007>

Žammit, J. (2025). Secondary School Teachers' Experiences with Generative AI in Maltese Language Teaching. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-025-09861-7>

Zhang, S., Ganapathy Prasad, P., & Schroeder, N. L. (2025). Learning About AI: A Systematic Review of Reviews on AI Literacy. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/07356331251342081> ♦

Inteligência Artificial Generativa: 10 riscos de não formar docentes e alunos

Vítor Reis - NOVA-FCSH, Dep. de Geografia e Planeamento Regional;

Rui Pedro Julião - NOVA-FCSH, Dep. de Geografia e Planeamento Regional e CICS.NOVA

Elisabete Fiel - NOVA-FCSH: Secção Autónoma de Educação e Formação Geral

Resumo

A Inteligência Artificial Generativa (IAGen) está a alterar os processos de ensino-aprendizagem, exigindo que professores e alunos desenvolvam literacia específica para a usar de forma crítica e responsável. Com base numa revisão de literatura recente, este artigo sistematiza dez riscos associados à ausência de formação estruturada de professores e alunos em IAGen. Evidências recentes apontam simultaneamente abertura e incerteza, professores mostram disponibilidade para integrar IA, mas referem falta de orientação institucional. Alunos reconhecem a relevância futura da tecnologia apesar de familiaridade limitada. Conclui-se que mitigar estes riscos exige governança clara, equidade de acesso, políticas de integridade e programas de formação docente e discente que articulem competências técnicas, pedagógicas e éticas, preservando o juízo crítico e a centralidade do vínculo educativo.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; Literacia em IAGen; Formação docente; Riscos educativos.

1 – Introdução

Historiadores como Kramer (1988) referem a Suméria como o berço de várias áreas do saber entre as quais, o pioneirismo dos primeiros espaços escolares no terceiro milénio A.C. Longe vão estes tempos onde os Escribas deixaram gravadas em placas de barro listas de palavras que hoje se acredita serem objetos de ajuda à aprendizagem e treino da escrita. Hoje, o advento da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) faz com que o Professor, para lá de uma formação sólida na sua área de conhecimentos, deve ser capaz de considerar o aluno um ator e autor das suas aprendizagens. O Professor **não pode** orientar as suas práticas letivas como sendo o detentor **único** do conhecimento, mas como facilitador, dando espaço, orientando, ajudando a questionar e a pensar (Reis, 2023). Os primeiros sinais de grande transformação digital terão surgido com as plataformas de e-learning e com os Sistemas de Gestão da Aprendizagem (LMS), no entanto **é com a IAGen que se consolida um novo nível**

de impacto nos processos de ensino-aprendizagem. Este movimento pode ser lido como parte da transição de uma pedagogia digital para uma pedagogia algorítmica, na qual o professor deixa de ocupar apenas uma posição de autoridade exclusiva sobre o conhecimento e passa a atuar sobretudo como facilitador e curador numa rede alargada de saberes humanos e artificiais (Pratschke, 2024).

Neste novo paradigma, a Literacia em IAGen será a chave para “mais uma” transformação no ensino. Paradigma onde, por um lado, o Professor eficaz articula conhecimento científico e didático com atitudes e disposições que incluem empatia, capacidade de compreender os alunos, criação de ambientes de aprendizagem significativos e mediação crítica de recursos (Fericato, 2021). E, por outro, as ferramentas de IAGen que operam sem emoções ou empatia, trabalhando sobre dados e padrões e não sobre experiências vividas.

Este artigo tem como objetivo propor, de forma sistemática, um conjunto de 10 riscos que advêm de não formar professores e alunos em IAGen. Através da análise de literatura recente foram identificadas 10 dimensões principais de risco com implicações para políticas de formação, políticas da educação e para a investigação futura.

2 – Enquadramento

Os *frameworks* internacionais mais recentes, como os *AI Competency Framework for Students e for Teachers* da UNESCO, apontam para uma visão integrada de literacia em IAGen, que combina conhecimentos, capacidades e atitudes para um uso seguro, ético e responsável dentro e fora da educação (UNESCO, 2024). A existência destes referenciais, revela implicitamente o risco: sem formação, abre-se espaço a usos superficiais, acríticos ou mesmo danosos. Os dados recentes sugerem que existe uma abertura significativa à utilização de IA nas escolas, ainda que acompanhada de muitas incertezas e receios. Em Portugal, 69% dos docentes afirmam estar disponíveis para integrar ferramentas de IA na sua prática letiva, mas apontam como principais obstáculos a falta de conhecimentos técnicos e a ausência de orientação

clara por parte das instituições (Cardoso, 2023). No caso específico da Geografia, 35,5% dos professores considera essencial que a formação docente inclua competências em IAGen e quase metade (49,8%) entende que essa formação, ainda que complementar, não pode ser ignorada (Reis, 2025). Também os alunos parecem ler a IAGen como parte do seu futuro: 74% acredita que esta terá um papel importante nas suas carreiras e 79% considera que o acesso à IA é relevante para o sucesso escolar (Vodafone Foundation, 2025). Em conjunto, estes indicadores mostram um sistema educativo que reconhece a relevância que as ferramentas suportadas por IA, mas que ainda procura uma forma de a integrar de forma segura, crítica e pedagogicamente consistente.

As editoras de manuais escolares em Portugal já estão a criar recursos específicos para apoiar os professores na utilização de diferentes ferramentas de IAGen. Um exemplo disso é o manual de TIC do ensino básico, TecnICjúnior 6, que disponibiliza tutoriais de várias destas ferramentas de IAGen, articulando-as com **a prática pedagógica**, os conteúdos programáticos da disciplina e com as diferentes áreas de competência do Perfil do Aluno à Saída do Ensino Obrigatório (PASEO) (Roque et al., 2025). Desta forma, os docentes podem explorar esta tecnologia com os seus alunos de forma orientada, recorrendo a metodologias ativas de aprendizagem, tal como já o fazem quando trabalham as questões da segurança e cidadania digital.

Um estudo publicado em 2024 analisou de forma crítica como as universidades têm respondido ao uso crescente da IAGen no meio académico, em particular no que toca à originalidade dos trabalhos dos alunos. Smith e Collins (2024) mostram que muitas instituições têm desenvolvido políticas que tratam a IAGen principalmente como uma ameaça à autoria e ao pensamento independente, associando o seu uso a fraude ou falta de criatividade. Ainda assim, os autores argumentam que esta posição peca, pois consideram que é necessário repensar o próprio conceito de originalidade neste novo contexto onde a produção de conhecimento é, cada vez mais, mediada por ferramentas tecnológicas (idem).

Neste contexto de introdução das ferramentas de IAGen nos processos ensino-aprendizagem, de forma direta ou indireta, promovida pelos professores ou por autonomia dos alunos, a formação assume um papel central. Para além do domínio da sua área científica e das ferramentas digitais, é indispensável que os docentes desenvolvam competências que lhes permitam compreender, de forma crítica, o papel da IAGen nos processos de ensino-aprendizagem (Duque et al., 2023). Aos alunos é esperado que consigam criar processos de autonomia na aquisição de conhecimentos (Santos, 2024). Os autores alertam, porém, para a existência de vários obstáculos, muitos deles colocados pelos próprios professores: resistência à mudança, escassez de recursos nas escolas e falta de atualização dos currículos.

3 – Os Riscos

Da análise à literatura, cruzando contributos de diferentes autores e organizações internacionais, foi possível sistematizar 10 riscos principais associados à ausência de formação estruturada em IAGen para professores e alunos. Estes riscos não surgem de forma isolada, mas articulam-se entre si, afetando simultaneamente a qualidade pedagógica, a equidade, a ética e o próprio sentido humanista da educação.

3.1 - Risco do uso superficial, ineficaz e pouco pedagógico da IAGen

Na falta de formação, a tecnologia tende a ser usada de forma meramente instrumental, sem verdadeira integração nos processos ensino-aprendizagem. Tenberga e Daniela (2024) mostram que, nestas condições, a IAGen é frequentemente utilizada sem intencionalidade didática, o que reduz o seu impacto educativo. Bekiaridis e Attwell (2024) sublinham que a ausência de formação impede que se tire proveito dos potenciais benefícios da IAGen e limita a adoção de modelos pedagógicos centrados no aluno e apoiados em dados. Alam (2024) acrescenta que muitos docentes, sem apoio adequado, não conseguem integrar pedagogicamente estas ferramentas, acabando por manter práticas tradicionais com “recursos novos”, enquanto Ceylan (2025) fala em uso ineficaz e má integração da tecnologia no ambiente escolar. Choi et al. (2025) defendem que qualquer estratégia de integração da IA deve ser acompanhada por novos métodos pedagógicos, sob pena de a sua utilização se tornar pobre e redundante. Na mesma linha, Çayak (2024) mostra que, sem formação, os professores não conseguem usar a IAGen de forma eficaz e inovadora, o que torna a experiência de aprendizagem menos rica e menos alinhada com o contexto digital em que os alunos vivem atualmente. Vilela (2025) resume este cenário ao afirmar que, sem capacitação, a IAGen é reduzida a simples instrumento, ficando por explorar o seu potencial transformador.

3.2 – Risco da falha na gestão dos riscos éticos: viés algorítmico, a privacidade e a segurança

Amplamente referido na literatura, são vários os autores que apontam para a falta de preparação tornar os docentes e alunos menos aptos a lidar com questões éticas e com os vieses incorporados nos diferentes modelos, em especial no que respeita à privacidade e à segurança (Bekiaridis & Attwell, 2024; Alam, 2024; Ceylan, 2025; Çayak, 2024). Quando não existe formação, professores e alunos terão dificuldade em reconhecer onde e como o denominado viés algorítmico se manifesta, bem como será difícil de avaliar as implicações da recolha e tratamento de dados pessoais, o que pode conduzir a uma dependência acrítica das respostas geradas pelos sistemas (Tenberga & Daniela, 2024). Relatórios internacionais reforçam

este alerta, mostrando que a incapacidade de identificar e mitigar vieses aprofunda conceitos discriminatórios sustentados pela tecnologia, sobretudo em contextos educativos já marcados por desigualdades (Molina et al., Banco Mundial, 2024). Do lado dos alunos, a ausência de literacia em IAGen o não reconhecimento de viés e de problemas de privacidade, deixa-os expostos a práticas potencialmente lesivas (Choi et al., 2025). Não será por acaso que a UNESCO insiste na necessidade de um uso ético e responsável da IAGen. A definição de *frameworks* específicos para alunos e professores evidencia precisamente o risco de práticas antiéticas e de decisões pouco transparentes quando não há orientação nem formação sistemática (UNESCO, 2024).

3.3 – Risco do agravamento de desigualdades e exclusão digital

Quando a IAGen é introduzida sem uma estratégia de equidade, o seu uso tende a beneficiar quem já dispõe de melhores condições de acesso à tecnologia e dispõe de mais recursos, agravando assim assimetrias pré-existentes. Tenberga e Daniela (2024) alertam que o uso desadequado da IAGen pode agravar desigualdades educativas, sublinhando a necessidade de garantir literacia em IA e acesso equitativo às ferramentas. Na mesma linha, Bekiaridis e Attwell (2024) enfatizam que é indispensável assegurar que todos os alunos, e não apenas alguns, tenham acesso efetivo às tecnologias de IAGen. Relatório do Banco Mundial de 2014, reforçam que, sem formação adequada, professores e alunos ficam mais vulneráveis à exclusão digital, e a introdução da IA corre o risco de acentuar desigualdades já existentes (Molina et al., 2024). Choi et al. (2025) evidenciam o perigo de alargar lacunas educacionais devido a disparidades de infraestrutura e recursos, enquanto Alam (2024) e Çayak (2024) mostram que a falta de formação compromete a equidade do ensino e conduz a aprendizagens menos inclusivas. Neste cenário, a IAGen pode funcionar mais como fator de segmentação do que como instrumento de democratização das oportunidades educativas, especialmente em contextos com menos recursos ou de acesso desigual à tecnologia.

3.4 – Risco da limitação no desenvolvimento de competências dos alunos (pensamento crítico, autonomia, criatividade, literacia em IA)

Trata-se do empobrecimento do desenvolvimento de competências nos alunos, em particular do pensamento crítico, da autonomia, da criatividade e da própria literacia em IA. Em contextos de autoaprendizagem, o recurso desorientado à IAGen pode limitar a autonomia intelectual e o questionamento, sobretudo quando os alunos se habituam a aceitar respostas prontas sem as interrogar (Tenberga & Daniela, 2024). Bekiaridis e Attwell (2024) sublinham que, sem enquadramento pedagógico, os alunos têm menos oportunidades de analisar criticamente os impactos éticos e sociais da IAGen, reduzindo a escola a um espaço de consumo de tecnologia e não de reflexão sobre ela. Na mesma

linha, Alam (2024) defende que a falta de formação diminui as oportunidades de desenvolver pensamento crítico, criatividade e consciência ética, enquanto Ceylan (2025) enfatiza que, sem literacia em IA, os alunos não constroem a consciência crítica necessária para avaliar de forma responsável a informação que lhes é apresentada. Choi et al. (2025) vão mais longe, alertando que a ausência de literacia crítica pode mesmo levar à perda de competências tradicionais, como a escrita e o pensamento crítico, à medida que as tarefas cognitivas são delegadas às “máquinas”. Çayak (2024) acrescenta que a falta de orientação limita também o desenvolvimento de competências digitais mais avançadas e da própria literacia em IAGen. Os referenciais da UNESCO para alunos e professores procuram precisamente apoiar o desenvolvimento destas competências, ajudando as entidades decisoras a compreender por um lado o potencial e por outro os riscos da IAGen, o que pressupõe um trabalho sistemático de formação e reflexão crítica (UNESCO, 2024).

3.5 – Risco de preparação insuficiente para o mercado de trabalho e para uma sociedade com IA omnipresente

Este risco, prende-se com o facto de os alunos ficarem menos preparados para um futuro muito próximo em que a IA, se antevê que seja será determinante no **âmbito laboral e social**. Bekiaridis e Attwell (2024) alertam que, sem uma integração intencional da IAGen nos processos educativos, os estudantes correm o risco de entrar na vida adulta num contexto em que a tecnologia será omnipresente, mas com competências insuficientes para a compreender, questionar e usar de forma estratégica. Alam (2024) acrescenta que a falta de formação docente em IA expõe diretamente os alunos a riscos que comprometem a sua preparação para um mercado de trabalho em que a capacidade de dialogar criticamente com sistemas inteligentes será cada vez mais valorizada. Choi et al. (2025) reforçam esta ideia ao defender que a literacia em IA é hoje uma competência crítica de cidadania, num contexto em que decisões sobre emprego, acesso a serviços e participação social são cada vez mais mediadas por algoritmos. Sem uma aposta clara na formação, a escola arrisca-se a deixar os alunos para trás, não os preparando para conseguirem fazer uma leitura informada do mundo em que vão viver.

3.6 – Risco de estagnação pedagógica e não adoção de novos paradigmas/metodologias

Este risco assenta na manutenção de práticas tradicionais e na dificuldade dos professores em transitar para modelos inovadores, centrados no aluno e apoiados em dados e IAGen. Bekiaridis e Attwell (2024) mostram que as lacunas na formação em IA limitam a adoção de modelos pedagógicos centrados no aluno, baseados em informação produzida ou tratada por estas ferramentas, reduzindo o seu potencial transformador.

Vilela (2025) acrescenta que educadores formados em modelos tradicionais tendem a reproduzir práticas convencionais mesmo quando dispõem de recursos digitais avançados, porque não dispõem de acompanhamento nem de formação que os ajude a reconfigurar o seu papel e as suas metodologias. Na mesma linha, Çayak (2024) argumenta que, sem formação estruturada, fica comprometida a inovação metodológica e a capacidade de adaptação às exigências do novo contexto educativo digital. Alam (2024) observa que muitos docentes continuam a recorrer maioritariamente a práticas expositivas, afastando-se da vanguarda pedagógica. Choi et al. (2025) concluem que a formação em IA deve incluir explicitamente novos métodos pedagógicos; caso contrário, a tecnologia é encaixada em velhos moldes, e a inovação fica, na prática, bloqueada.

3.7 – Risco de dependência acrítica da IA e perda de competências tradicionais

Apontado na literatura, este risco diz respeito ao excesso de dependência das ferramentas de IAGen, com consequente redução da capacidade de julgamento crítico e de competências de base, como a escrita e o raciocínio. Quando não existe preparação crítica para a sua utilização, a IAGen tende a ser usada como fonte “automática” de respostas, o que favorece uma relação acrítica com a tecnologia (Tenberga & Daniela, 2024). Choi et al. (2025) alertam precisamente para o risco de uma dependência excessiva da IA, que pode conduzir à perda de competências tradicionais, entre as quais a produção escrita e o pensamento crítico. Alam (2024) reforça que a ausência de formação em literacia de IA impede uma utilização verdadeiramente informada e reflexiva destas ferramentas, enquanto Ceylan (2025) sublinha que, sem essa formação, os alunos não desenvolvem a consciência crítica necessária para avaliar, de forma responsável, tanto a informação gerada como os próprios modos de funcionamento da IA. Em vez de apoiar e ampliar as capacidades humanas, a tecnologia corre assim o risco de as substituir e, a prazo, as enfraquecer.

3.8 – Risco de resistência, desconfiança e perda de confiança nos processos mediados pela IA

A ausência de formação em IAGen pode favorecer o surgimento de resistência e desconfiança entre docentes e outros intervenientes educativos, comprometendo não só a adoção destas ferramentas, mas também a confiança nos processos de ensino-aprendizagem que sejam mediados por IA. Sem uma orientação clara e sem um relevante desenvolvimento de competências, muitos professores tendem a encarar a IA com suspeição, o que limita a sua integração pedagógica e impede explorar o seu potencial para enriquecer práticas e aprendizagens (Çayak, 2024). Em linha com esta ideia, o Banco Mundial (2024) alerta que lacunas de formação e de enquadramento institucional podem intensificar a desconfiança relativamente a soluções

digitais e ao seu uso em educação, fragilizando a aceitação e a legitimidade dos processos apoiados por IA.

3.9 – Risco da fragilização das dimensões humanas, relacionais, éticas e sociais da educação

A falta de formação em IA pode levar também à **negligência das dimensões humanas da educação**: empatia, valores e relação pedagógica. Uma vez que estarão menos preparados para articular o potencial tecnológico com o que é insubstituível no ensino: a presença humana no vínculo educativo. Sem literacia em IAGen e a correta orientação, torna-se mais difícil reforçar intencionalmente as relações interpessoais e salvaguardar aspetos como a empatia e a transmissão de valores, que não são replicáveis por sistemas automatizados (Yeşiltaş, 2024). A UNESCO (2024) sublinha de forma implícita que, sem a formação adequada, o uso da IA pode levar à redução do foco nas dimensões éticas e sociais do processo educativo, enfraquecendo o equilíbrio entre inovação tecnológica e centralidade do humano.

3.10 – Risco Ambiental

Por último, as decisões educativas sobre IA deverão considerar também o impacto climático e devem contribuir para uma utilização, não só pedagogicamente relevante, mas também ambientalmente responsável. O uso de IAGen, traz associado um risco ambiental estrutural, decorrente do elevado consumo de energia, da extração intensiva de recursos naturais e da produção de resíduos eletrónicos, que contribuem de forma crescente para as emissões de gases com efeito de estufa (Iglecias & Ferrari, 2024). Estudos sobre as infraestruturas digitais mostram que a própria Internet já tem um peso climático relevante, ao qual se somam os milhares de GWh necessários para treinar e operar grandes modelos de IA, como sejam o ChatGPT, agravando a pegada de carbono sobretudo quando estes assentem em fontes fósseis (An, Ding, & Lin, 2023). Schmitt (2024) demonstra ainda que muitos ganhos marginais de desempenho em modelos complexos implicam custos energéticos desproporcionados, o que exige ponderar cuidadosamente a relação entre benefício pedagógico e impacto ecológico. A Google estima que o Gemini Apps tenha um consumo de 0,24Wh e 0,26ml de água (5 gotas) por cada prompt de texto (Elsworth et al, 2025). Já para a ferramenta ChatGPT4 o consumo estimado será de cerca de 0,3Wh para prompts com cerca de 8 palavras. Por cada 100 destes prompts serão 30Wh, o equivalente a usar um micro-ondas, de 1000w de potência, durante um minuto e oito segundos (You, 2025). Neste cenário, a formação de professores e alunos torna-se crucial, uma vez que sem literacia em IAGen e sem consciência dos seus custos ambientais, os utilizadores destas ferramentas tenderão a usá-las apenas pelo entusiasmo tecnológico, ignorando critérios de eficiência energética ou de escolha de infraestruturas mais sustentáveis.

4 – Implicações para instituições e órgãos de gestão

A integração da IAGen nos processos ensino-aprendizagem, exige políticas e protocolos claros, alocação de recursos, medidas robustas de proteção de dados, monitorização contínua de envios/discriminação, novas pedagogias, novas formas de avaliação dos alunos, aposta na literacia e avaliação do impacto na equidade e no acesso, sob pena de os ganhos de eficiência virem acompanhados de fragilidades éticas e legais (Gadmi, Loulid & Bendarkawi, 2023). Ao analisar a governança, especificamente no ensino superior, os autores defendem uma gestão responsável, transparente, inclusiva e alinhada com valores educativos, assente na capacitação e regulação. Essa ideia vai ao encontro das de Lim et al (2024) que acrescentam que banir ferramentas de IAGen tende a ser contraproducente, podendo aumentar a procura e empurrar o uso desenquadrado da instituição, e agravar desigualdades ligadas ao acesso digital. Estes autores propõem então, uma abordagem de governança proativa baseada em princípios de responsabilização e transparência, bem como a definição de políticas de integridade que clarifiquem, não só o que é o uso indevido, mas também que definam os usos pedagógicos aceitáveis. Ideias reiteradas nesta revisão, por diferentes autores, que sublinham que o risco de não formar professores e alunos não é apenas pedagógico, mas também institucional. Sem orientações claras, investimento em capacitação e mecanismos de governança, a integração da IA poderá falhar, pelo que, as instituições devem assumir a definição de políticas de uso, promovendo a literacia em IAGen, formação pedagógica e ética **não** desperdiçando o potencial transformador destas tecnologias (Tenberga & Daniela, 2024; Molina et al., 2024; Vilela, 2025; Çayak, 2024; Choi et al., 2025).

5 – Conclusões

A revisão de literatura realizada no presente trabalho permitiu sistematizar 10 grandes riscos associados à não capacitação de professores e alunos em IAGen, abrangendo dimensões

pedagógicas, éticas, sociais, institucionais e ambientais. Esta iniciativa, reforça a ideia de que o problema não é apenas “instrumental”, mas estrutural, exigindo respostas coordenadas. Dessa forma a formação deverá assentar num plano de ação com referências, métricas e indicadores. Embora os referências de competências possam orientar esse caminho, muitos ainda carecem de validação empírica e permanecem num plano sobretudo conceptual (Rakisheva & Witt, 2023). Da literatura podemos concluir ainda que a ausência de formação em IAGen, para professores e alunos constitui um risco relevante para não só para a prática pedagógica, mas também para o próprio sistema educativo. Ou seja, sem capacitação, docentes com percursos mais tradicionais tendem a reproduzir práticas convencionais mesmo quando recorram a tecnologias digitais, desperdiçando o potencial transformador da IAGen. Como demonstrado no estudo com 200 alunos de duas universidades do Peru e da Colômbia, onde o uso orientado de ferramentas de IAGen se associou a melhores desempenhos e a uma perceção mais positiva das aprendizagens, com ganhos em autonomia, motivação e clareza conceptual (Araujo et al., 2025). Em sentido inverso, lacunas técnicas e éticas dificultam uma integração crítica e inovadora, fragilizam a resposta a desafios de segurança, privacidade e viés algorítmico, e podem alimentar resistências ou desconfianças, enfraquecendo o papel do professor como mediador responsável no processo de ensino-aprendizagem. Do lado dos alunos, não apostar na sua literacia em IAGen também apresenta desafios, sublinhados no estudo realizado no Peru onde 71,5% dos alunos universitários revelou baixa perceção sobre a integração da IA no ensino superior e apontou a necessidade urgente de programas de capacitação, entendendo a formação como essencial para a preparação profissional (Reina Marín et al., 2025). Sem orientação qualificada, os alunos ficam mais expostos a usos acríticos e pouco seguros, com menor capacidade de avaliar a fiabilidade das ferramentas e de reconhecer implicações sociais e éticas, podendo aumentar a dependência tecnológica e contribuir para perdas de competências como escrita, pensamento crítico e criatividade, além de agravar desigualdades quando faltam políticas de inclusão e formação equitativa. ♦

Referências Bibliográficas

- An, J., Ding, W., & Lin, C. (2023). ChatGPT: Tackle the growing carbon footprint of generative AI. *Nature*, 615(7953), 586. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00919-5>
- Alam, A. (2024). Future skills and artificial intelligence (AI) literacy for teachers: An analysis. *Journal of Digital Learning and Education*, 4(1), 35–47. <https://doi.org/10.25082/JDLE.2024.01.004>
- Araujo, R. L., Mamani, G. Q., & Jiménez-Pitre, I. (2025). Evaluating the impact of generative artificial intelligence on learning processes in higher education: A quantitative comparative study. *Journal of Posthumanism*, 5(7), 1690–1698. <https://doi.org/10.63332/joph.v5i7.2959>

- Bekiariadis, G., & Attwell, G. (2024). Integrating Artificial Intelligence in Vocational and Adult Education: A Supplement to the DigCompEdu Framework. *Ubiquity Proceedings*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.5334/uproc.142>
- Ceylan, A. (2025). Investigation of artificial intelligence literacy of classroom teachers. *International Online Journal of Educational Sciences*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.15345/ijoes.2025.01.001>
- Choi, W. C., Chang, C. I., Choi, I. C., Lam, L. C., Leong, K. I., & Ng, S. I. (2025). Artificial Intelligence (AI) Literacy in Education: Definition, Competencies, Opportunities and Challenges [Preprint]. Preprints.org. <https://doi.org/10.20944/preprints202508.0497.v1>

- Çayak, S. (2024). Investigating the relationship between teachers' attitudes toward artificial intelligence and their artificial intelligence literacy. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 7(4), 367–383.
- Duque, R. C. S., Turra, M., Santos, A. A., Soares, L. G., Pascon, D. M., Bernardina, L. D., ... & Gomes, D. J. R. A. (2023). Formação de professores e a Inteligência Artificial: desafios e perspectivas. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 16(7), 6864–6878. <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.7-158>
- Elsworth, C., Huang, K., Patterson, D., Schneider, I., Sedivy, R., Goodman, S., Townsend, B., Ranganathan, P., Dean, J., Vahdat, A., Gomes, B., & Manyika, J. (2025). Measuring the environmental impact of delivering AI at Google Scale (arXiv:2508.15734). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2508.15734>
- Ferigato, E. (2021). Quais qualidades, atitudes, habilidades e conhecimentos contribuem para a eficácia de um professor? *Revista Caparaó*, 3(2), e56. <https://doi.org/10.2676/0096>
- Gadmi, M., Loulid, A., & Bendarkawi, Z. (2024). The integration of artificial intelligence (AI) into education systems and its impact on the governance of higher education institutions. *International Journal of Professional Business Review*, 9(12), e05176. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i12.5176>
- Iglecias, P., & Ferrari, V. (2024). Inteligência Artificial (IA) e dano ambiental. In G. Wedy, H. M. Hupffer, & A. R. Weyermüller (Orgs.), *Direito e inteligência artificial: Perspectivas para um futuro ecologicamente sustentável* (pp. 97–117). <https://doi.org/10.29327/5385477.1-5>
- Kramer, S. N. (1988). *History begins at Sumer: Thirty-nine firsts in man's recorded history*. University of Pennsylvania Press.
- Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., & Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarok or reformation? *The International Journal of Management Education*, 21, 100790. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100790>
- Molina, E., Cobo, C., Pineda, J., & Rovner, H. (2024). A revolução da IA na Educação: O que é preciso saber. *Inovações Digitais na Educação*. Banco Mundial.
- Rakisheva, A., & Witt, A. (2023). Digital Competence Frameworks in Teacher Education. *Issues and Trends in Learning Technologies*, 11(1), 29–42.
- Reina Marín, Y., Cruz Caro, O., Maicelo Rubio, Y. D. C., Alva Tuesta, J. N., Sánchez Bardales, E., Carrasco Rituay, A. M., & Chávez Santos, R. (2025). Artificial intelligence as a teaching tool in university education. *Frontiers in Education*, 10, Art. 1578451. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1578451>
- Reis, V. (2023). *Manuais digitais como ferramenta relevante ao serviço dos docentes de Geografia* (Dissertação de mestrado, FCSH-Nova).
- Reis, V. (2025). Professores de Geografia e a Inteligência Artificial Generativa: Um Estudo Exploratório. *INFORGEO*, 27, 57–64.
- Roque, E., Filipe, H., & Xambre, L. (2025). *TecnIC Júnior 6: TIC – 6.º ano*. Raiz Editora.
- Santos, M. G. D. (2024). The impact of artificial intelligence on teaching careers: Pedagogical, administrative and ethical challenges and opportunities. *International Journal of Advanced Research*, 12(10), 854–866. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/19705>
- Schmitt, M. (2024). Sustainable machine learning: Evaluating the environmental cost of AutoML algorithms in AI development. In 2024 IEEE Conference on Artificial Intelligence (CAI) (pp. 1368–1370). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CAI59869.2024.00244>
- Smith, R., & Collins, J. (2024). A critical review of GenAI policies in higher education assessment. *Journal of Academic Integrity*, 18(4), 305–322. <https://doi.org/10.1080/23456789.2024.2467891>
- Tenberga, I., & Daniela, L. (2024). Artificial Intelligence Literacy Competencies for Teachers Through Self-Assessment Tools. *Sustainability*, 16(23), 10386. <https://doi.org/10.3390/su162310386>
- UNESCO. (2024). *AI competency framework for students*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/JKJB9835>
- UNESCO. (2024). *AI competency framework for teachers*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/ZJTE2084>
- Vilela, F. B. S. (2025). Inteligência artificial na educação: fundamentos, aplicações e impactos no cenário educacional. *Revista Educação em Contexto*, 4(1), 1–17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15723262>
- You, J. (2025). How much energy does ChatGPT use? *Gradient Updates, Epoch AI*. <https://epoch.ai/gradient-updates/how-much-energy-does-chatgpt-use>

Inteligência Artificial & Educação Geográfica: entre promessas tecnológicas e desafios epistemológicos

Luís Mendes
CEG/IGOT-ULisboa

Introdução

A emergência da Inteligência Artificial (IA) na educação tem vindo a reconfigurar profundamente os modos de ensinar e aprender, abrindo novos horizontes, mas também levantando dilemas éticos, pedagógicos e epistemológicos ao corpo docente e não só. No campo específico da educação geográfica, este impacto adquire contornos singulares, dado o papel central da geografia escolar na promoção de competências como o pensamento espacial crítico, o raciocínio pluriescalar e a cidadania territorial. A geografia escolar, tradicionalmente situada na encruzilhada entre as ciências sociais e naturais, vê-se hoje confrontada com a necessidade de (re)definir as suas práticas pedagógicas face às transformações induzidas pela IA — tanto nas ferramentas didáticas disponíveis, como nas conceções dos próprios atores educativos.

A introdução de aplicações baseadas em IA — desde sistemas de tutoria inteligente até assistentes de escrita, plataformas de visualização geoespacial e modelos generativos de linguagem — está a alterar o papel tradicional do professor e o próprio “ofício” do aluno. No centro deste processo, surgem interrogações relevantes: como afeta a IA a construção de um pensamento geográfico autónomo e reflexivo? Estaremos a fomentar uma apropriação crítica dos instrumentos digitais, ou a abrir caminho para formas de delegação cognitiva e passividade conceptual? Em que medida os professores conseguem integrar, resistir ou reconfigurar as suas práticas à luz das novas possibilidades e ameaças associadas à IA? Quais as suas conceções e representações sobre esta problemática?

É precisamente sobre estes desafios, dilemas e oportunidades que se debruça o presente artigo. Partindo de uma metodologia assente na revisão da literatura científica nacional e internacional, na problematização conceptual e na análise de conteúdo simples de representações sociais expressas por professores de geografia — nomeadamente através de 133 comentários registados no fórum GeoForo 33—, pretende-se compreender como está a ser vivido este processo de transição tecnológica no universo da educação

geográfica. A análise proposta não se limita à descrição de usos instrumentais da IA, mas procura, sobretudo, identificar os sentidos atribuídos pelos professores à sua própria práxis e às implicações pedagógicas mais profundas destas tecnologias emergentes.

Este estudo insere-se numa linha de investigação que problematiza a educação geográfica como campo de disputa entre diferentes racionalidades pedagógicas: uma racionalidade técnico-utilitarista, centrada na eficiência, na automação e na padronização de respostas, e uma racionalidade sociocrítica, preocupada com a formação de sujeitos ativos, reflexivos e territorialmente conscientes e competentes. Neste contexto, a IA não é neutra: ela condensa e espelha modelos de mundo, uma determinada cosmovisão, prioridades curriculares e representações sociais que importa escrutinar criticamente. Ao abordar a perceção dos professores, o artigo dá voz a um ator central no processo educativo, frequentemente silenciado nos debates tecnológicos, e permite entrever as tensões, esperanças e resistências que marcam o presente momento de inflexão.

Metodologia

A presente investigação adota uma abordagem qualitativa, combinando três componentes metodológicas principais: (i) uma revisão crítica da literatura científica nacional e internacional, bem como literatura cinzenta sobre IA e educação; (ii) uma problematização conceptual em torno das competências espaciais críticas e da cidadania territorial na era digital; e (iii) uma análise de conteúdo simples aplicada às representações sociais expressas por professores de geografia sobre o impacto da IA nas suas práticas profissionais.

A revisão da literatura teve como objetivo identificar as principais tendências, preocupações e potencialidades apontadas pela investigação académica recente, tanto no domínio da educação em geral como da educação geográfica em particular. A pesquisa incidiu sobre artigos científicos publicados entre 2015 e 2025 (sobretudo pós-2020) em bases de dados como Scopus, Web of Science, SciELO e Google Scholar. A análise permitiu construir um quadro teórico-concetual sólido, que sustenta a interpretação crítica dos dados empíricos.

Paralelamente, procedeu-se a uma **problematização conceptual** dos impactos da IA em três dimensões-chave da educação geográfica: o desenvolvimento do pensamento espacial, o raciocínio pluriescalar e a cidadania territorial. Estes conceitos foram operacionalizados à luz das propostas curriculares e da literatura especializada, servindo de guia para a leitura crítica tanto da produção científica como das falas docentes recolhidas.

A componente empírica da investigação baseou-se na **análise de conteúdo simples** de um conjunto de **133 comentários registados no espaço digital GeoForo 33**, sob o tema “Inteligência Artificial: seus impactos no ensino da Geografia?”, disponível publicamente em <http://geoforo2.blogspot.com/2024/09/foro-33-inteligencia-artificial-seus.html> de que o autor deste texto é também co-autor. Trata-se de um fórum informal de participação de professores de geografia (maioritariamente portugueses e brasileiros, do mundo ibero-americano em geral), que se caracteriza pela espontaneidade e autenticidade das intervenções, ainda que não obedeça aos critérios de uma amostra estatística representativa.

A análise dos comentários seguiu os princípios da **análise de conteúdo temática**, de tipo descritivo-interpretativo. Após uma leitura flutuante do corpus, procedeu-se à codificação manual dos comentários, com identificação de unidades de sentido e posterior agrupamento em categorias emergentes. Entre os critérios considerados para a categorização destacam-se: (i) atitude face à IA (aceitação, rejeição, ambivalência); (ii) representações sobre o papel do professor; (iii) impactos percebidos nas aprendizagens dos alunos; (iv) percepções ético-pedagógicas; (v) usos concretos ou imaginados da IA na disciplina.

Por razões éticas, os comentários foram anonimizados e analisados apenas enquanto discurso público e voluntário. Não foram recolhidos dados pessoais nem foi feito qualquer contacto direto com os autores das intervenções. A opção por esta metodologia visa valorizar a voz dos professores no debate sobre a transformação digital da educação, reconhecendo o seu papel como agentes interpretativos e não meros destinatários da inovação tecnológica.

Esta abordagem permite, assim, articular os planos teórico, pedagógico e empírico da investigação, contribuindo para uma compreensão crítica e situada das representações docentes sobre a IA no ensino da geografia.

1. A IA na Educação: enquadramento conceptual

A IA tem vindo a afirmar-se como um dos pilares centrais das transformações tecnológicas contemporâneas, afetando de forma transversal todos os setores da sociedade — incluindo, de forma particularmente sensível, o campo educativo

(Makridakis, 2017; Sichman, 2021; Júnior e Nascimento, 2025; Miao *et al.*, 2025; Dias *et al.*, 2025). No seu sentido mais amplo, a IA pode ser entendida como um conjunto de sistemas computacionais capazes de simular processos cognitivos humanos, como a aprendizagem, a resolução de problemas, a previsão, a produção de linguagem ou o reconhecimento de padrões. No contexto da educação, esta definição desdobra-se em múltiplas aplicações, que vão desde algoritmos de personalização de conteúdos até à utilização de agentes conversacionais (chatbots), plataformas de tutoria inteligente, motores de recomendação e, mais recentemente, modelos generativos de linguagem natural, como o ChatGPT (Hancock *et al.* 2020; Ng *et al.*, 2021).

Esta evolução não é neutra nem unidimensional. Conforme sublinha Neil Selwyn (2019), a IA na educação não deve ser analisada apenas como um avanço técnico, mas como um fenómeno social e político que transporta visões específicas sobre o que é ensinar, aprender e avaliar. O seu uso educativo implica, por isso, uma revisão crítica dos fundamentos pedagógicos, dos papéis atribuídos a professores e alunos, e da própria conceção de conhecimento. Em vez de uma adoção acrítica, impõe-se uma reflexão sobre os modos como a IA pode reproduzir desigualdades, automatizar critérios avaliativos redutores ou promover uma lógica de ensino centrada na eficiência em detrimento da compreensão profunda.

De um ponto de vista prático, a literatura tem distinguido várias tipologias de IA educativa. Entre elas destacam-se os sistemas de tutoria inteligente, que ajustam a apresentação dos conteúdos ao ritmo do aluno; os modelos generativos, capazes de criar textos, mapas, esquemas e explicações a pedido; os sistemas de análise preditiva, que antecipam dificuldades de aprendizagem com base em dados comportamentais; e as plataformas adaptativas, que ajustam o percurso educativo com base em algoritmos de desempenho (Giraffa e Kohls-Santos, 2023; Cardoso *et al.*, 2023). A cada uma destas tipologias corresponde um conjunto de promessas, mas também de dilemas. Por exemplo, até que ponto a geração automática de resumos e respostas promove uma verdadeira apropriação crítica do conhecimento por parte do aluno? Que tipo de competências estão a ser estimuladas — ou desvalorizadas — quando se recorre a tutores automatizados?

As investigações mais recentes alertam para uma dupla tendência: por um lado, a IA pode potenciar a personalização da aprendizagem, diversificar os suportes didáticos e aliviar tarefas repetitivas dos professores; por outro, existe o risco de substituir processos pedagógicos complexos por respostas automatizadas e simplificadoras (Bettayeb *et al.*, 2024; Holmes e Tuomi, 2022; Han *et al.*, 2023). Esta tensão é particularmente evidente em disciplinas que exigem pensamento crítico e contextualizado — como é o caso da

geografia enquanto ciência social — onde a compreensão das relações espaço-temporais, das escalas de análise e das dimensões políticas do território exige uma mediação humana qualificada.

Deste modo, compreender o impacto da IA na educação exige não apenas um olhar técnico, mas uma problematização pedagógico-didática e ética. A questão central não é apenas

“o que a IA pode fazer na sala de aula”, mas “que tipo de educação estamos a construir ao adotá-la” (OCDE, 2025a). O racional e quadro teórico-conceitual adotado pela OCDE (2025b) condensado na figura que se segue evidencia os quatro domínios pedagógico-didáticos da literacia em IA em articulação com as grandes competências a desenvolver curricularmente para um aluno-cidadão do século XXI.



European
Commission



OECD

Suportado por

code.org

Quatro Domínios da Literacia em IA



Fonte: OCDE, 2025b.

Estas competências representam capacidades humanas fundamentais aplicadas a um contexto de IA. Orientam os alunos na utilização ética da IA e asseguram que estes participam ativamente na forma como a IA se integra nas suas vidas.

Pensamento crítico: Avaliar o conteúdo gerado pela IA quanto à precisão, justiça e enviesamento, de forma a tomar decisões informadas e éticas. *Como posso verificar a exatidão das produções da IA e reduzir o risco de enviesamentos prejudiciais? Como sei se a IA é relevante ou adequada?*

Praticar o pensamento crítico num contexto de IA implica verificar se a informação fornecida por um sistema de IA é precisa, objetiva, pertinente, relevante e justa. Como os sistemas de IA podem gerar conteúdos convincentes, mas incorretos ou enviesados, os alunos devem trabalhar ativamente para identificar potenciais desinformações e ponderar os resultados com outras fontes de informação. Estas ações resultam numa maior consciência do impacto da IA no sistema de informação em geral. Este processo revela enviesamentos ocultos ou lacunas e assegura que os resultados da IA apoiam a tomada de decisões éticas. Ao desenvolver estas competências, os alunos exercem literacia mediática, literacia digital e cidadania digital, tornando-se utilizadores mais criteriosos da IA.

Criatividade: Colaborar com a IA para criar e aperfeiçoar ideias originais, considerando questões de propriedade/ autoria, atribuição e uso responsável. *Como posso usar a IA de forma responsável para dar vida às minhas visões criativas?*

Exercer criatividade ao usar a IA implica interagir com sistemas de IA para gerar ideias, fazer brainstormings e refinar propostas originais. À medida que os alunos exploram possibilidades que vão além daquilo que inicialmente tinham imaginado, devem considerar os impactos da IA na originalidade, propriedade/ autoria, atribuição e direitos de autor. Ao envolverem-se de forma criativa e responsável com a IA, os alunos mantêm-se responsáveis pelas ideias que moldam e partilham.

Pensamento computacional: Decompor problemas e fornecer instruções de forma a permitir que os sistemas de IA contribuam eficazmente para soluções. *Como estruturo o meu problema para que a IA me possa ajudar a resolvê-lo?*

As competências de pensamento computacional ajudam a abordar e a enquadrar problemas de modo a aproveitar as capacidades da IA, tendo em conta as suas limitações. Isto envolve decompor problemas complexos em componentes estruturados e comunicar objetivos e restrições de forma que os sistemas de IA consigam processar eficazmente (por exemplo, através da engenharia de prompts). Ao fornecer exemplos de casos de uso, contraexemplos e resultados esperados, os alunos refinam as suas próprias competências de comunicação, utilizam estratégias metacognitivas e progridem em direção aos seus objetivos.

Consciência pessoal e social: Reconhecer como a IA influencia escolhas pessoais, relações e comunidades, refletindo sobre o seu impacto social e ambiental mais alargado. *Como é que a IA me afeta a mim e aos outros?*

A consciência pessoal e social é essencial quando se interage com a IA. Esta competência começa com o reconhecimento da presença da IA no quotidiano e a compreensão de como esta influencia decisões, tanto no mundo digital como no físico. Vai além da identificação e aplica-se à reflexão crítica sobre os efeitos mais amplos da IA nos indivíduos, comunidades e ambiente. Os alunos podem também refletir metacognitivamente sobre os efeitos da IA nos seus comportamentos, pensamentos e processos de aprendizagem. Ao reconhecerem esta influência, ficam mais preparados para avaliar conteúdos gerados pela IA e monitorizar como estas tecnologias moldam as suas atitudes ao longo do tempo.

Colaboração: Trabalhar de forma eficaz com IA e com outras pessoas, comunicando com clareza, dando feedback e gerindo tarefas partilhadas. *Como posso colaborar de forma transparente e ética com a IA para alcançar um objetivo?*

A colaboração com a IA depende de interações produtivas entre humanos e sistemas de IA. Exige a capacidade de dar feedback e pedir ajuda, tanto dentro como fora do espaço digital. Ao colaborarem com sistemas de IA, os alunos demonstram agência e recorrem à metacognição. Ao colaborarem prudentemente, avaliando forças no contexto e desenvolvendo competências de relacionamento inter-pessoal, os alunos tornam-se capazes de navegar em situações novas e complexas.

Comunicação: Explicar como a IA é utilizada de forma a promover transparência, evitar antropomorfismos e incentivar o uso responsável. *Como descrevo a utilização da IA para mim e para os outros?*

Comunicar sobre IA implica explicar quando e como os sistemas de IA são usados, incluindo de que forma influenciaram conteúdos ou decisões que afetam outras pessoas. Esta competência destaca a responsabilidade dos alunos literados em IA de descrever com precisão o funcionamento da IA, sem deturpar ou atribuir-lhe características humanas. Ao escolherem cuidadosamente as palavras para promover transparência e uso responsável, os alunos reforçam práticas éticas e fomentam conversas informadas sobre as implicações da IA.

Resolução de problemas: Determinar quando e como utilizar a IA para uma tarefa, avaliando as suas capacidades, riscos e implicações éticas. *Como escolho a ferramenta certa para a tarefa em mãos?*

Usar a IA para resolver um problema começa com uma reflexão atenta sobre a tarefa e envolve considerar se as capacidades da IA satisfazem os requisitos técnicos e éticos.

Para isso, os alunos podem testar sistemas de IA específicos para verificar a fiabilidade e o potencial de reproduzirem enviesamentos prejudiciais. Os alunos resolvem problemas com IA quando se questionam sobre como os sistemas de IA podem acrescentar valor, onde deve intervir o juízo humano e quando se deve evitar totalmente o uso da IA.

Esta perspetiva crítica orienta a análise que se segue, centrada nas práticas e representações dos professores de geografia face à crescente automatização educativa, à luz da intencionalidade pedagógica.

2. Educação Geográfica e IA: convergências e fricções

A educação geográfica ocupa uma posição estratégica e sensível no currículo escolar, articulando dimensões científicas, territoriais, procedimentais e cidadãs (valores e atitudes). Enquanto campo de estudo, a geografia escolar visa desenvolver competências como o pensamento espacial crítico, o raciocínio pluriescalar e a compreensão das interações sociedade-natureza — fundamentais para a formação de sujeitos conscientes do seu papel no território e no mundo (Claudino, 2015, 2019). A emergência da IA no universo educativo introduz, neste contexto, tanto **convergências promissoras** como **fricções inquietantes**, que merecem análise aprofundada.

Entre os potenciais contributos da IA para a educação geográfica, destacam-se as possibilidades de **visualização dinâmica de fenómenos espaciais, simulação de sistemas territoriais complexos e análise de dados geográficos em tempo real**. Ferramentas baseadas em IA podem, por exemplo, facilitar o trabalho com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), produzir mapas temáticos a partir de descrições em linguagem natural, ou ajudar os alunos a interpretar padrões espaciais com base em imagens de satélite e big data. Estas aplicações oferecem novas formas de mediar o conhecimento geográfico, tornando mais acessíveis temas como as alterações climáticas, os fluxos migratórios ou a gestão do espaço urbano (Matkovič, 2024; Lee, 2023).

Contudo, esta integração tecnológica também levanta **questões epistemológicas e pedagógicas críticas**. A geografia enquanto ciência social é invariavelmente contextual e interpretativa, que exige a problematização dos dados, a análise das escalas, a leitura crítica do território. O uso indiscriminado de aplicações baseadas em IA pode promover uma abordagem superficial, “despolitizada” e descontextualizada dos fenómenos geográficos — transformando o ensino em mera manipulação técnica de representações espaciais, sem verdadeira apropriação conceptual. A automatização da produção de mapas,

resumos ou respostas analíticas levanta dúvidas sobre o desenvolvimento efetivo de competências cognitivas profundas e sobre o papel do erro e da incerteza no raciocínio geográfico (Liu *et al.*, 2025; Ranjith, 2025).

Outro eixo de tensão diz respeito ao **modelo de relação pedagógica** que a IA introduz na sala de aula. Em muitos casos, estas ferramentas promovem uma lógica individualista e adaptativa, centrada no desempenho do aluno isolado face a um sistema automatizado. Esta abordagem contrasta com a natureza dialógica, colaborativa e crítica da aprendizagem geográfica, que pressupõe o debate de múltiplas interpretações, a negociação de sentidos e o confronto com diferentes escalas de análise (Janowicz *et al.*, 2022; Lee *et al.*, 2025). Como alertam Lambert e Balderstone (2012), o ensino da geografia não pode ser reduzido a transmissão de dados factuais ou habilidades técnicas — exige a construção de uma consciência espacial situada e politicamente informada.

Acresce ainda o facto de muitos sistemas de IA serem desenvolvidos a partir de **bases de dados que podem estar enviesadas, com visões eurocêntricas ou tecnocráticas do mundo**, o que pode comprometer a diversidade epistemológica e cultural necessária à educação geográfica. A geografia crítica, enquanto tradição pedagógica, sublinha a importância de dar voz aos territórios silenciados, de mapear desigualdades e de questionar narrativas dominantes — um compromisso que pode colidir com os padrões uniformizadores de certas tecnologias.

Assim, o diálogo entre IA e educação geográfica é simultânea e paradoxalmente fértil e conflituoso. A questão não reside em aceitar ou rejeitar a tecnologia, mas em construir condições pedagógicas e epistemológicas para que o seu uso seja crítico, situado e emancipador, transformador, portanto, contribuindo para potenciar o desenvolvimento do aluno enquanto cidadão geograficamente competente, elemento ativo de cidadania territorial.

3. Pensamento espacial, raciocínio pluriescalar e cidadania territorial na era digital

No centro da educação geográfica estão três pilares fundamentais que sustentam a sua relevância formativa no século XXI: o desenvolvimento do pensamento espacial, o raciocínio pluriescalar e a construção da cidadania territorial (Mendes, 2024). Estes conceitos estruturantes, fortemente interligados, representam muito mais do que competências técnicas ou cognitivas; são expressões de uma forma de ler, interpretar e agir sobre o mundo. A introdução da IA nos processos educativos exige, portanto, uma reflexão profunda sobre como estas capacidades são potenciadas, moldadas ou mesmo ameaçadas por práticas pedagógicas mediadas por tecnologia.

O **pensamento espacial** é a capacidade de compreender a organização do espaço em termos de localização, distância, distribuição, padrões, conexões e relações entre fenómenos físicos e humanos. Trata-se de uma competência transversal, mas com particular expressão na geografia, por permitir interpretar mapas, representar mentalmente o espaço e tomar decisões com base em raciocínios espaciais (Cavalcanti, 1998, 2008, 2012, 2013, 2019; Souza, 2011; Lambert e Balderstone, 2012; Sinton, 2017; Castellar e De Paula, 2020). Como defendem estes e muitos mais autores, o pensamento espacial é uma literacia essencial num mundo crescentemente interconectado e tecnologicamente mediado.

A IA oferece ferramentas poderosas para estimular o pensamento espacial: desde algoritmos de visualização de dados geoespaciais até à geração automática de mapas e simulações. No entanto, estas mesmas ferramentas podem promover uma **dependência instrumental** que fragiliza o desenvolvimento autónomo destas competências. Se os alunos não forem desafiados a construir as suas próprias representações espaciais e a interpretar criticamente os outputs dos sistemas, corre-se o risco de transformar a geografia numa sucessão de cliques sobre plataformas visuais, sem verdadeira compreensão dos mecanismos espaciais subjacentes. Além disso, o carácter opaco de muitos algoritmos (a chamada “caixa negra” da IA) levanta sérias questões sobre a transparência epistemológica dos dados geográficos gerados por máquinas (Liu *et al.*, 2025; Ranjith, 2025).

O **raciocínio pluriescalar**, por sua vez, refere-se à capacidade de compreender como os fenómenos se articulam em diferentes escalas — do local ao global — e como as interações entre estas escalas produzem realidades territoriais complexas (Mérenne-Schoumaker, 1985, 1999, 2025; Claudino e Mendes, 2013; Castellar e Lache, 2013). Esta competência é central para abordar temas como as alterações climáticas, a mobilidade urbana, a segurança alimentar ou a globalização. A IA, ao permitir a recolha e análise de grandes volumes de dados em diferentes escalas, pode ser uma aliada poderosa neste domínio. No entanto, o risco de **fragmentação da análise e de perda de sentido contextual/geográfico** é elevado, sobretudo quando as ferramentas são utilizadas sem enquadramento crítico.

Por exemplo, uma plataforma que mostra em tempo real os fluxos migratórios globais pode ser tecnicamente impressionante, mas, sem mediação pedagógica adequada, pode induzir leituras simplificadas, ignorando as causas históricas, económicas ou políticas subjacentes aos fenómenos. A educação geográfica exige, aqui, um papel ativo do professor enquanto mediador de escala ou **agente indutor do racional pluriescalar** — alguém que ajuda os alunos a articular informação dispersa e a construir narrativas interpretativas multiescalares, que façam justiça à complexidade territorial dos fenómenos e processos múltiplos do mundo contemporâneo (Zboreanu, 2024).

Finalmente, a **cidadania territorial** representa o eixo ontológico e epistemológico da educação geográfica. Mais do que formar alunos “informados” e apenas conhecedores do mundo, a geografia deve contribuir para formar cidadãos territorialmente conscientes, críticos face às desigualdades socioespaciais, e comprometidos com a transformação da realidade socioespacial (Claudino, 2015, 2019; Claudino e Mendes, 2021; Mendes, 2024). A IA pode tanto reforçar como esvaziar este compromisso. As ferramentas de IA que simulam processos urbanos ou permitem mapear desigualdades com dados públicos podem ser recursos valiosos para fomentar uma cidadania ativa. Contudo, se forem utilizadas de forma tecnocrática e “neutra”, centrada na manipulação de variáveis sem contextualização no âmbito das agendas de planeamento e ordenamento do território, podem reduzir a cidadania a um exercício de “gestão de dados”, em vez de um processo de empoderamento coletivo e pensamento espacial crítico (Gerlich, 2025; Melisa *et al.*, 2025; Hikmawati e Mohammad, 2025; McGee *et al.*, 2025).

Além disso, importa reconhecer que os próprios sistemas de IA são construídos a partir de **modelos normativos e escolhas políticas implícitas**, o que exige que os alunos desenvolvam uma literacia crítica que vá além da interface gráfica. Saber “ler” um mapa gerado por IA implica também questionar quem o produziu, com que dados, com que pressupostos e para que fins. Esta abordagem crítica é central para resistir à naturalização de visões tecnocráticas do território e para garantir que a IA serve, e não substitui, os processos formativos emancipatórios e sociocríticos que permitem transformação da realidade para melhor.

Neste quadro, o papel do professor é absolutamente central. Cabe-lhe não apenas selecionar e integrar ferramentas digitais, mas, sobretudo, **problematizar os seus usos**, desconstruir os discursos de neutralidade tecnológica e construir propostas pedagógicas (McGee *et al.*, 2025; DEUK, 2025) que articulem a tecnologia com o pensamento espacial crítico e compromisso cívico que a cidadania territorial exige. O desafio é formar alunos que saibam utilizar a IA sem abdicar da sua autonomia intelectual e da sua consciência espacial.

Assim, na era digital, a tríade “pensamento espacial – raciocínio pluriescalar – cidadania territorial” não perde relevância: antes exige ser reenquadrada num paradigma pedagógico que reconheça o potencial da IA, mas que não abdique da intencionalidade ética e cívica da educação geográfica.

4. O papel do professor e as suas representações sociais sobre a IA

Num momento de profunda transição tecnológica, o professor continua a ser uma figura central na mediação dos processos de ensino-aprendizagem. No contexto da introdução da IA

na educação geográfica, a sua atuação ganha uma nova complexidade: o professor é simultaneamente utilizador, curador, mediador, formador e crítico das tecnologias emergentes (Gentile *et al.*, 2023; Kim, 2024; Lima, 2025). É neste quadro que se torna essencial compreender não apenas as suas práticas, mas também as **representações sociais** que constrói sobre a IA — entendidas aqui como conjuntos de saberes, percepções, emoções e crenças partilhadas, que orientam a ação quotidiana (Nugroho *et al.*, 2024; Sibarani *et al.*, 2025).

As representações sociais, conforme definidas por Moscovici (1961), desempenham um papel fundamental na apropriação do novo: tornam inteligíveis realidades desconhecidas e orientam condutas em contextos de incerteza. Quando aplicadas ao campo da educação, estas representações ajudam a compreender como os professores interpretam e se posicionam face às mudanças tecnológicas, muito para além de discursos institucionais ou normativos do currículo, projeto de escola ou documentos estratégicos da tutela ou outro tipo de literatura cinzenta. No caso da IA, tratam-se de representações em construção, marcadas por ambivalências, entusiasmos, receios e, muitas vezes, incompreensão dos mecanismos técnicos subjacentes.

No caso da educação geográfica, estas representações assumem particular relevo, uma vez que a disciplina requer uma postura crítica, contextualizada e ética na análise das ferramentas digitais. Como indicam estudos recentes (Lee, 2023; Biu *et al.*, 2025; Nurgazina, 2025), muitos professores reconhecem o potencial da IA para apoiar a análise espacial, dinamizar aulas ou diversificar recursos. No entanto, expressam também preocupações claras: perda de controlo pedagógico, substituição do papel docente, desvalorização do pensamento crítico e aumento da desigualdade no acesso a tecnologias.

Estas tensões refletem, em grande medida, uma vivência simultaneamente prática e ideológica do impacto da IA. O professor não é apenas um técnico que aplica ferramentas — é um profissional que atua com base em conceções pedagógicas, valores educativos e compromissos éticos. Assim, a forma como representa a IA dependerá do seu posicionamento face ao papel da escola, da tecnologia e da própria geografia como campo de conhecimento e intervenção, ou seja, à forma como percebe e interioriza o seu ofício de professor.

O espaço digital de participação docente, como o **GeoForo 33**, fornece um corpus particularmente valioso para analisar essas representações sociais em contexto espontâneo e não institucional. A partir de 133 comentários, é possível identificar não apenas tendências de adesão ou rejeição à IA, mas também discursos que revelam formas de resistência ativa, apropriação crítica ou inquietação ética

face às consequências da automação que a IA acarreta no ensino-aprendizagem da geografia.

Estas representações são centrais para compreender as decisões didáticas tomadas pelos professores, influenciando não só a escolha de recursos e estratégias, mas também o tipo de competências que procuram desenvolver nos seus alunos. Em última análise, conhecer estas representações permite desenhar políticas de formação docente mais eficazes, que partam das suas inquietações reais e promovam um uso crítico, pedagógico e emancipador das tecnologias de IA.

5. Análise e discussão dos resultados

A análise dos 133 comentários de professores de geografia participantes no *GeoForo 33* permitiu identificar um conjunto significativo de representações sociais sobre a IA no contexto educativo. As intervenções, marcadas por forte carga subjetiva, revelam uma diversidade de posicionamentos que oscilam entre o entusiasmo prudente, a inquietação crítica e o ceticismo declarado. Da codificação emergiram cinco categorias principais: 1) ambivalência e inquietação ética, 2) valorização instrumental e potencial pedagógico, 3) receios de desprofissionalização, 4) impactos nas aprendizagens e no papel do aluno, e 5) exigência de formação crítica e pedagógica.

Um dos aspetos mais recorrentes nas intervenções dos professores é a **ambivalência e inquietação ética** face à IA. Muitos comentários expressam simultaneamente curiosidade e receio, reconhecimento do potencial e suspeição sobre os seus efeitos. Esta tensão reflete-se, por exemplo, em frases como:

“A IA pode ser um recurso poderoso, mas tenho dúvidas sobre os efeitos colaterais que pode trazer. Nem sempre o que é novo é melhor.”

“Vejo tudo isto com alguma apreensão. Não sabemos quem controla a IA, nem com que critérios são criadas as respostas que os alunos veem.”

“A inteligência artificial pode ser uma ajuda, mas temo que esteja a afastar-nos da essência do ensino: a relação humana e a construção conjunta do saber.”

“Tenho dúvidas sobre o impacto a longo prazo. Será que estamos a formar alunos ou a treiná-los para depender de máquinas?”

“A IA oferece oportunidades de personalização e acesso a dados que podem enriquecer o aprendizado. No entanto, é fundamental abordar os desafios, como a desigualdade no

acesso à tecnologia e a diminuição da interação humana, que são preocupações legítimas para o desenvolvimento social e emocional dos alunos.”

Estas posições revelam uma **inquietação ética e epistemológica** que transcende o domínio procedimental: os professores não apenas questionam o “como usar”, mas, sobretudo, o “com que finalidade” e “a que custo” se utiliza a IA em contextos escolares. Esta dimensão crítica articula-se com a tradição da geografia como disciplina formativa e não meramente informativa. É a intencionalidade pedagógica inerente ao ofício do professor.

Apesar das preocupações, uma parte significativa dos comentários reconhece o potencial da IA para **dinamizar práticas pedagógicas, diversificar estratégias e apoiar a aprendizagem autónoma**. São frequentes referências à criação de mapas, síntese de conteúdos, sugestões de atividades e apoio na preparação de aulas:

“Já usei IA para ajudar na elaboração de fichas de trabalho e funcionou bastante bem. Poupou-me tempo e deu-me boas ideias.”

“A IA pode apoiar alunos com dificuldades na organização do pensamento. Pode ser um ponto de partida para reflexão, desde que bem orientado.”

Há aqui uma **valorização instrumental e potencial pedagógico**. Esta valorização funcional não implica, contudo, uma adesão cega ou passiva. Muitos professores sublinham a importância de manter o controlo pedagógico sobre os conteúdos produzidos por IA, evitando que se tornem substitutos da reflexão ou da mediação docente.

Neste sentido, uma preocupação transversal diz respeito à **desvalorização do papel dos professores**, aquilo que na teoria se tem designado por “riscos de desprofissionalização”. Vários comentários evocam o risco de que a IA seja utilizada por administrações educativas ou plataformas privadas para automatizar o ensino, substituir recursos humanos ou padronizar currículos:

“Receio que estejamos a caminhar para um ensino desumanizado, em que o professor passa a ser um monitor de algoritmos.”

“Se a IA começar a ser vista como solução para tudo, então o nosso papel enquanto educadores críticos fica profundamente ameaçado.”

“...No podemos asegurar es que esta herramienta de enseñanza se convierta en una sustitución del docente, a tal punto que el alumno considere que lo que se pueda impartir en

clases ya no sea utilizado en su vida diaria, si no como solo una manera de cumplir las actividades que el docente les pueda dar con el propósito de obtener una calificación.”

Estas vozes evidenciam um sentimento de precarização simbólica da profissão docente e de perda da dimensão ética e relacional da prática pedagógica com o uso da IA. A última citação reforça a ideia de que os professores não se opõem necessariamente à tecnologia em si, mas à sua instrumentalização em modelos educativos que desvalorizam a dimensão crítica, ética e relacional do ensino geográfico.

Outra dimensão da análise de conteúdo simples efetuada é dos **impactos nas aprendizagens e no papel do aluno**. A maioria dos professores manifesta preocupação com os efeitos da IA sobre o modo como os alunos aprendem — nomeadamente no que toca à autonomia, ao pensamento crítico e à responsabilidade pelo próprio processo de aprendizagem. Muitos comentários relatam experiências em que os alunos recorrem à IA para realizar tarefas automaticamente, sem compreenderem os conteúdos:

“Já tive alunos a entregar trabalhos claramente gerados por IA. Não sabiam explicar nada do que estava escrito.”

“Tenho medo que a IA os habitue a procurar respostas rápidas em vez de pensar, analisar, duvidar.”

“En las Universidades hemos visto cómo se usa IA para acumular información sin sentido, pero llevados de la intuición de que los Trabajos Final de Grado o de Máster son poco importantes y por eso no se leen con atención ni se suelen debatir. Por eso se acumula información. Incluso lo mismo sucede con las Tesis, como hemos dicho en Archivo del Geoforo. Por tanto, lo importante es cuestionarse la información y saber buscar los problemas relevantes para nuestra explicación del mundo.”

“Na área de ensino de Geografia, por exemplo, a IA apresenta-se como um recurso que permite uma experiência educacional mais conectada com a realidade global. Ferramentas que utilizam IA podem disponibilizar dados geográficos em tempo real, possibilitando aos alunos o estudo de temas como mudanças climáticas, desastres naturais e geopolítica de forma mais dinâmica. Plataformas de realidade aumentada e realidade virtual, aliadas a sistemas de IA, permitem criar ambientes imersivos em que os estudantes “viajam” virtualmente para diferentes regiões do mundo, vivenciando contextos geográficos que dificilmente poderiam ser acessados em sala de aula. Com isso, o ensino de Geografia torna-se mais concreto e envolvente, ajudando os alunos a desenvolverem uma compreensão mais ampla e interconectada do mundo.”

Estes testemunhos confirmam os receios, já expressos na literatura (Dickerson, 2024; Bozkurt, 2024), de que a IA possa

promover uma cultura de consumo acrítico de informação, desvalorizando o processo cognitivo e interpretativo nos alunos.

Uma categoria emergente com força própria é a reivindicação de formação docente específica sobre IA, não apenas do ponto de vista técnico, mas sobretudo pedagógico e ético. Existe uma **exigência de formação crítica e pedagógica**:

“É urgente termos formação específica. Muitos colegas nem sabem como funciona a IA e estão a ser pressionados para usá-la.”

“Devia haver debates sérios nas escolas sobre o uso ético e pedagógico da IA, e não apenas tutoriais técnicos.”

“Una propuesta dentro del aula es hablar de la IA cómo lo que es, un sistema socio-técnico, es decir, hablar sobre todas las implicaciones sociales que esta tecnología tiene (la socialización de la tecnología y/o la tecnologización de la sociedad). Este enfoque ayuda a comprender a la IA más allá de usarla como herramienta, es entenderla como un fenómeno social, y como tal, abordar críticamente sus características.”

Estes comentários apontam para a necessidade de programas de formação contínua que articulem a inovação tecnológica com a intencionalidade pedagógica, respeitando os fundamentos críticos da educação geográfica. Em vez de “capacitação” instrumental, os professores reclamam espaços de reflexão coletiva e atualização conceptual que lhes permitam integrar a IA de forma consciente e situada, crítica portanto.

No conjunto, os comentários analisados revelam um corpo docente atento, reflexivo e cauteloso face à emergência da IA. As representações sociais expressas oscilam entre a apropriação crítica e a resistência simbólica, refletindo o impacto ambivalente desta tecnologia sobre a identidade profissional, as práticas pedagógicas e os sentidos atribuídos ao ato de ensinar.

Em linha com estudos recentes, os dados sugerem que a adoção da IA na educação geográfica será tanto mais fecunda quanto mais for mediada por docentes conscientes, críticos, capazes de articular tecnologia com valores formativos e de resistir a lógicas redutoras centradas na eficiência ou automatização.

Considerações Finais

A emergência da IA na educação geográfica representa um ponto de inflexão que convoca docentes, investigadores e decisores educativos a reequacionar práticas, finalidades e fundamentos epistemológicos do ato de ensinar e aprender geografia. Longe de se esgotar numa abordagem instrumental, a integração da IA nas dinâmicas educativas desafia-nos a

pensar criticamente sobre os modos como o conhecimento é produzido, mediado e apropriado na era digital.

Este artigo procurou articular uma análise teórico-empírica sobre os efeitos e sentidos atribuídos à IA na educação geográfica, com base numa revisão da literatura e na interpretação das representações sociais expressas por professores de geografia. Os dados analisados, recolhidos no âmbito do fórum GeoForo 33, evidenciam um corpo docente atento, reflexivo e atravessado por tensões entre o entusiasmo pragmático e a inquietação ética. As cinco categorias emergentes da análise de conteúdo — ambivalência, valorização instrumental, receios de desprofissionalização, impactos na aprendizagem e exigência de formação — revelam que os professores não se posicionam como meros consumidores de tecnologia, mas como sujeitos que tentam negociar, reinterpretar e resistir às dinâmicas de automatização do trabalho educativo.

As vozes docentes analisadas confirmam que a IA é percebida simultaneamente como ferramenta de apoio e como ameaça à centralidade do professor e à qualidade das aprendizagens. A sua adoção eficaz e crítica depende, portanto, de condições formativas, tempo de experimentação e reconhecimento do papel insubstituível do professor enquanto mediador epistemológico e ético. Neste sentido, a IA não pode ser vista como um substituto do pensamento pedagógico, mas como um recurso potencialmente valioso se integrado em projetos educativos orientados para o desenvolvimento do pensamento espacial crítico, do raciocínio pluriescalar e da cidadania territorial — os três pilares que conferem à geografia escolar a sua relevância formativa.

A análise das representações sociais revelou ainda uma lacuna persistente nas políticas de formação docente: a ausência de espaços de debate crítico sobre os impactos sociotécnicos da IA. O desejo expresso por muitos professores de uma formação que vá além do domínio técnico confirma a necessidade de promover uma literacia digital crítica, que articule competências tecnológicas com compreensão ética, epistemológica e pedagógica. Só assim será possível garantir que a geografia escolar, enquanto disciplina comprometida com a leitura crítica do mundo, não seja instrumentalizada por lógicas tecnocráticas, mas continue a contribuir para a formação de sujeitos territorialmente conscientes e intelectualmente autónomos, na senda da cidadania territorial.

Conclui-se, assim, que o desafio colocado pela IA à educação geográfica não é apenas técnico, mas profundamente político e pedagógico. As tecnologias, por si só, não determinam o futuro da educação; é na forma como são apropriadas, debatidas e orientadas que reside o verdadeiro potencial (ou risco) de transformação. Cabe aos professores, às escolas e às comunidades educativas decidir que tipo de mediação querem construir, que saberes pretendem promover e que sujeitos desejam formar. ♦

Referências bibliográficas

- Bettayeb, A. M., Abu Talib, M., Sobhe Altayasinah, A. Z., & Dakalbab, F. (2024). Exploring the impact of ChatGPT: conversational AI in education. In *Frontiers in Education* (Vol. 9). Frontiers Media SA.
- Bozkurt, A., Xiao, J., Farrow, R., Bai, J. Y., Nerantzi, C., Moore, S., & Asino, T. I. (Eds.). (2024). The manifesto for teaching and learning in a time of generative AI: A critical collective stance to better navigate the future. *Open Praxis*, 16(4), 487-513.
- Cardoso, F. S., da Silva Pereira, N., Braggion, R. C., Chaves, P., & Andrioli, M. (2023). O uso da Inteligência Artificial na Educação e seus benefícios: uma revisão exploratória e bibliográfica. *Revista Ciência em Evidência*, 4(FC), e023002-e023002.
- Castellar, S. M. V., & Lache, N. M. (2013). En los mapas, desde los mapas con los mapas. Pensar el espacio cotidiano como fuente de enseñanza geográfica. *Anekumene*, (6), 5-6.
- Castellar, S. M. V., & De Paula, I. R. (2020). O papel do pensamento espacial na construção do raciocínio geográfico. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, 10(19), 294-322.
- Cavalcanti, L. (1998). *Geografia, Escola e Construção de Conhecimentos*. São Paulo, Papirus.
- Cavalcanti, L. (2008). *A Geografia Escolar e a Cidade: Ensaios sobre o Ensino de Geografia para a Vida Urbana Cotidiana*. São Paulo, Papirus.
- Cavalcanti, L. (2012). *O Ensino de Geografia na Escola*. São Paulo, Papirus.
- Cavalcanti, L. (org.) (2013). *Temas da Geografia na Escola Básica*. São Paulo, Papirus.
- Cavalcanti, L. (2019). *Pensar pela Geografia: Ensino e Relevância Social*. Alfa Comunicação.
- Claudino, S., & Mendes, L. (2013). Raciocínio pluriescalar e construção relacional do espaço europeu na educação geográfica. *Anekumene*, (6), 33-45.
- Claudino, S. (2015). A educação geográfica em Portugal e os desafios educativos. *Giramundo*, 2(3), 7-19.
- Claudino, S. (2019). Construir uma escola cidadã por meio do projeto Nós Propomos!: um desafio no espaço iberoamericano. *Sobre Tudo*, 10(2), 35-35.
- Claudino, S., & Mendes, L. (2021). Project "We Propose!" Territorial citizenship and curricular innovation in portuguese geographical education. *Didáctica Geográfica*, (22), 47-71.
- DEUK (2025). *The safe and effective use of AI in education Leadership toolkit video transcripts*. Department for Education, United Kingdom.
- Dias, K., Cabarcos, P., Bacco, F.M., Bassani, E., Bertoletti, A. et al. (2025). *Generative AI Outlook Report - Exploring the Intersection of Technology, Society and Policy*. European Comission. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Dickerson, P. (2024). Learning with Socrates: How generative AI and ancient pedagogy can develop students' critical thinking skills. In *Artificial intelligence applications in higher education* (pp. 90-105). Routledge.
- Gentile, M., Città, G., Perna, S., & Allegra, M. (2023). Do we still need teachers? Navigating the paradigm shift of the teacher's role in the AI era. In *Frontiers in Education* (Vol. 8). Frontiers Media SA.
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6.
- Giraffa, L., & Kohls-Santos, P. (2023). Inteligência Artificial e Educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. *Educação em análise*, 8(1), 116-134.
- Han, B., Nawaz, S., Buchanan, G., & McKay, D. (2023). Ethical and pedagogical impacts of AI in education. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 667-673). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Hancock, J. T., Naaman, M., & Levy, K. (2020). AI-mediated communication: Definition, research agenda, and ethical considerations. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 25(1), 89-100.
- Hikmawati, A., & Mohammad, N. K. (2025). Enhancing Critical Thinking with Gen AI: A Literature Review. *Buletin Edukasi Indonesia*, 4(01), 40-46.
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European journal of education*, 57(4), 542-570.
- Janowicz, K., Sieber, R., & Crampton, J. (2022). GeoAI, counter-AI, and human geography: A conversation. *Dialogues in Human Geography*, 12(3), 446-458.

- Júnior, L. E. F. F., & do Nascimento, E. L. B. (2025). Reflexão sobre o papel da IA na transformação do ensino e seus possíveis impactos na sociedade. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 17(6), e8519-e8519.
- Kim, J. (2024). Leading teachers' perspective on teacher-AI collaboration in education. *Education and information technologies*, 29(7), 8693-8724.
- Lambert, D., & Balderstone, D. (2012). *Learning to teach geography in the secondary school: a companion to school experience*. Routledge.
- Lee, J. (2023). Beyond geospatial inquiry—How can we integrate the latest technological advances into geography education? *Education Sciences*, 13(11), 1128.
- Lee, J., Cimová, T., Foster, E. J., France, D., Krajňáková, L., Moorman, L., ... & Zhang, J. (2025). Transforming geography education: the role of generative AI in curriculum, pedagogy, assessment, and fieldwork. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1-17.
- Lima, H. H. (2025). O papel do professor no ensino-aprendizagem de línguas frente ao advento da inteligência artificial. *Revista Transmutare*, 10.
- Liu, B., Liu, W., Zeng, W., & Peng, Y. (2025). Exploring the application potential of generative artificial intelligence in high school geography teaching: Scenarios, limitations, and improvement strategies. *The Journal of Educational Research*, 1-14.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60.
- Matkovič, M. (2024). The use of artificial intelligence, virtual and augmented reality in teaching geography in secondary school. *Natural Science Education*, 21(1), 42-48.
- McGee, N. J., Kozleski, E., & Lemons, C. J. (2025). *AI + Learning Differences: Designing a Future with No Boundaries*. Stanford Accelerator for Learning, Stanford University.
- Melisa, R., Ashadi, A., Triastuti, A., Hidayati, S., Salido, A., Ero, P. E. L., ... & Al Fuad, Z. (2025). Critical Thinking in the Age of AI: A Systematic Review of AI's Effects on Higher Education. *Educational Process: International Journal*, 14, e2025031.
- Mérenne-Schoumaker, B. (1985). Savoir Penser l'Espace. Pour un Renouveau Conceptuel et Méthodologique de l'Enseignement de la Géographie dans le Secondaire. *L' Information Géographique*, 49, 151-160.
- Mérenne-Schoumaker, B. (1999). *Didáctica da Geografia*. Porto, Edições Asa.
- Mérenne-Schoumaker, B. (2025). L'enseignement de la géographie face aux défis actuels et futurs. Réflexions et propositions. *J-READING Journal of Research and Didactics in Geography*, 1.
- Mendes, L. (2024). Pensamento espacial crítico, activismo e cidadania territorial: Introdução a uma dialética. In *Geografía, educación e innovaciones didácticas* (pp. 146-153). Grupo de Didáctica de la Geografía (AGE).
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: guidance for policy-makers*, UNESCO.
- Moscovici, S. (1961). La représentation sociale de la psychanalyse. *Bulletin de psychologie*, 14(194), 807-810.
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, K. W. S., & Qiao, M. S. (2021). AI literacy: Definition, teaching, evaluation and ethical issues. *Proceedings of the association for information science and technology*, 58(1), 504-509.
- Nugroho, O. F., Hikmawaty, L., & Juwita, S. R. (2024). Artificial intelligence technology embedded in high school science learning: A study of teacher perception. *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 8(2), 132-143.
- Nurgazina, A. (2025). Possibilities of using artificial intelligence elements in the process of teaching geography. *Eurasian Herald*, 1(1), 131-140.
- OCDE (2025a). *What should teachers teach and students learn in a future of powerful AI?* Policy Paper. OCDE Education Spotlights.
- OCDE (2025b). *Empowering Learners for the Age of AI An AI Literacy Framework for Primary and Secondary Education*. OCDE. Comissão Europeia. Code.org.
- Ranjith, M. (2025). Teaching Geography through artificial intelligence applications in developing secondary school students higher order thinking skills and achievement. *Science Utsav*, 75.
- Selwyn, N. (2019). *What is digital sociology?* John Wiley & Sons.
- Sibarani, D. P., Cendana, W., & Anggraeni, C. K. P. (2025). Teachers' Perceptions and Readiness for AI-Based Virtual Assistants in Supporting Schools' Learning Transformation. *Journal of Practice Learning and Educational Development*, 5(1), 215-222.

Sichman, J. S. (2021). Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. *Estudos avançados*, 35, 37-50.

Sinton, D. S. (2017). Critical spatial thinking. *The International Encyclopedia of Geography*. Wiley.

Souza, V. C. (2011). Fundamentos teóricos, epistemológicos e didáticos no ensino da Geografia: bases para formação do pensamento espacial crítico. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, 1(1), 47-67.

Zboreanu, G. (2024). The effects of using digital technologies on high school geography learning. *Journal of Innovation in Psychology, Education and Didactics*, 28(1), 47-60. ♦

A Transformação do Ensino da Geografia através da integração da Inteligência Artificial

Percepções, usos e desafios na prática docente em Portugal

Cecília Rodrigues | Matilde Rodrigues Universidade de Coimbra | Universidade de Coimbra
Mestrado em Ensino de Geografia 3CEBES ceciliacmartinsrodrigues@gmail.com
matildevianarodrigues18@gmail.com ORCID: 0009-0006-7920-4517 | ORCID: 0009-0004-7432-6529

Resumo

Este artigo analisa a utilização da Inteligência Artificial (IA) no ensino da Geografia em Portugal, a partir de um estudo empírico realizado com professores do ensino básico e secundário. Recorreu-se à aplicação de questionários e à realização de grupos focais com o objetivo de compreender as formas de uso da IA, as percepções docentes e os principais obstáculos identificados. Os resultados evidenciam uma maior predisposição para a adoção destas tecnologias por parte dos professores mais jovens, embora o uso se concentre, predominantemente, em funções de apoio à explicação de conteúdos e à apresentação visual da informação. Verificam-se lacunas significativas ao nível da formação específica, da disponibilidade de recursos ajustados ao currículo e do apoio institucional. Conclui-se que a integração da IA no ensino da Geografia tem potencial transformador, desde que orientada por princípios éticos, pedagógicos e críticos. Neste sentido, destaca-se a necessidade de políticas educativas que promovam a formação contínua dos docentes, o acesso equitativo a ferramentas adequadas e uma estratégia institucional clara de apoio à inovação digital.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Ensino da Geografia; Formação de Professores; Tecnologias Educativas; Inovação Pedagógica.

Introdução

A evolução tecnológica tem transformado profundamente o ensino em diversas áreas, e a Geografia não é exceção. A Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta com elevado potencial para revolucionar os métodos pedagógicos, oferecendo novas possibilidades para a transmissão e construção do conhecimento geográfico. Através da sua capacidade de analisar grandes volumes de dados, gerar representações espaciais dinâmicas e adaptar conteúdos às necessidades dos alunos, a IA posiciona-se como um instrumento valioso na renovação do ensino da Geografia. Contudo, a sua implementação efetiva no contexto escolar levanta questões complexas, relacionadas não apenas com a

acessibilidade tecnológica, mas também com a formação dos professores, o apoio institucional e as implicações éticas do seu uso em contextos educativos.

A questão central que orienta esta investigação é: Como é que os professores de Geografia utilizam a Inteligência Artificial no processo de ensino-aprendizagem? Esta pergunta reflete a necessidade de explorar não apenas a aplicação prática da IA em sala de aula, mas também as condições que favorecem ou dificultam a sua adoção e as percepções que os docentes desenvolvem sobre o seu impacto pedagógico. Reconhecendo que a IA tem o potencial de personalizar aprendizagens, facilitar a análise de dados espaciais e aumentar o envolvimento dos alunos, importa compreender como estas possibilidades estão, ou não, a ser concretizadas no terreno. Importa ainda analisar de que forma os fatores institucionais, formativos e sociais moldam o modo como os professores se apropriam (ou resistem) a esta tecnologia.

Os objetivos deste estudo são três:

- (1) compreender se e como os professores de Geografia utilizam ferramentas de IA no processo de ensino-aprendizagem;
- (2) avaliar se os docentes possuem formação ou capacitação para utilizar IA no ensino da Geografia; e
- (3) analisar as percepções dos professores sobre a utilidade da IA, identificando os benefícios e desafios da sua implementação em contexto escolar. A relevância desta investigação inscreve-se no quadro do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 (ODS 4), que visa garantir uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade, promovendo oportunidades de aprendizagem ao longo da vida (Nações Unidas, 2015). A IA pode desempenhar um papel fundamental na concretização deste objetivo, especialmente no ensino da Geografia, ao facilitar a compreensão de fenómenos globais como as alterações climáticas, os movimentos migratórios ou os desequilíbrios socioespaciais — todos temas de elevada atualidade e complexidade.

Contudo, para que a IA contribua de forma significativa para a promoção de uma educação geográfica crítica e de qualidade, é indispensável garantir condições de acesso equitativo, formação docente contínua e políticas educativas coerentes

com os desafios da transição digital. Este artigo apresenta os principais resultados de um estudo empírico aplicado a professores de Geografia do ensino básico e secundário em Portugal, procurando responder à questão de investigação proposta e refletir sobre os caminhos possíveis para uma integração pedagógica efetiva da IA. Após esta introdução, o artigo desenvolve-se em quatro secções: o enquadramento teórico, onde se abordam as dimensões tecnológicas, pedagógicas e geográficas em análise; a metodologia, com destaque para os instrumentos e critérios adotados; a apresentação e discussão dos resultados; e, finalmente, as considerações finais com propostas concretas para uma aplicação mais informada, ética e eficaz da IA no ensino da Geografia.

Metodologia

Este estudo adota uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos, com o objetivo de analisar de forma crítica o impacto da Inteligência Artificial (IA) no ensino da Geografia. A escolha desta abordagem justifica-se pela necessidade de recolher dados tanto sobre a utilização prática da IA pelos professores de Geografia, como sobre as suas percepções, desafios e necessidades de formação.

Tem como objetivo compreender de que forma os professores de Geografia em Portugal utilizam ferramentas de inteligência artificial (IA) no ensino, se possuem formação adequada para a sua utilização e qual a sua perceção sobre a utilidade destas tecnologias. Através de um questionário com perguntas de carácter quantitativo e qualitativo, procura-se identificar as ferramentas utilizadas, a frequência e forma da sua aplicação, o nível de formação dos docentes, as necessidades de capacitação sentidas e as suas opiniões sobre os benefícios e desafios da integração da IA na prática letiva.

A presente investigação adota um desenho metodológico misto, articulando métodos quantitativos e qualitativos de forma a captar a diversidade de perspetivas dos docentes de Geografia em Portugal, alinhando-se com os princípios da geografia crítica e participativa (Paiva, 2024).

A recolha de dados será realizada durante duas semanas, recorrendo a inquéritos online, instrumento que permite alcançar uma amostra territorialmente dispersa, assegurando simultaneamente acessibilidade e economia de meios (Bryman, 2012). O universo da investigação é constituído por todos os professores de Geografia em exercício em Portugal, no ensino básico, secundário e superior.

Este estudo está alinhado com as orientações da Carta Internacional de Educação Geográfica de 1992 (International Charter on Geographical Education, 1992), que defende a importância da investigação empírica na educação geográfica, baseada na observação e análise direta da realidade. Além

disso, a Carta Internacional de Educação Geográfica de 2016 (International Charter on Geographical Education, 2016) reforça a necessidade de métodos de ensino eficazes e inovadores, que promovam a qualidade da educação geográfica. A utilização de inquéritos por questionário permite responder a estas orientações, fornecendo dados concretos que podem informar práticas pedagógicas mais eficazes.

Atendendo à natureza exploratória e à dispersão do grupo-alvo, opta-se por uma amostragem combinada, articulando amostragem em bola de neve e amostragem estratificada por níveis de ensino, permitindo assim captar a heterogeneidade do corpo docente (Babbie, 2010).

O inquérito online será construído com base em boas práticas metodológicas para estudos em geografia, seguindo as orientações propostas por autores como Paiva (2024), nomeadamente no que se refere à clareza linguística, sequência lógica de questões e inclusão de perguntas abertas para aprofundamento qualitativo. A estrutura do inquérito contemplará secções sobre (i) práticas pedagógicas, (ii) utilização de métodos geográficos e (iii) desafios e oportunidades no ensino da disciplina.

Complementarmente, serão realizados grupos focais online com professores de diferentes contextos (rural/urbano, litoral/interior), de forma a aprofundar dimensões interpretativas e afetivas da experiência docente, em consonância com a valorização da dimensão subjetiva e experiencial defendida por Paiva (2024) e por autores como Ash & Simpson (2016) no âmbito da geografia pós-fenomenológica.

Os dados serão analisados através de estatística descritiva e análise de conteúdo temática, combinando tratamento quantitativo das respostas fechadas com interpretação qualitativa das respostas abertas e dos grupos focais. A análise estatística foi realizada com o software R (versão 4.3.1), utilizando pacotes como ggplot2, dplyr e tidyr para limpeza dos dados, análise exploratória e visualização gráfica. Este procedimento permitiu representar de forma clara padrões de resposta, distribuições demográficas e correlações relevantes, com elevado rigor técnico.

Adicionalmente, foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial, como o ChatGPT-4, para auxiliar na identificação preliminar de padrões linguísticos, tópicos emergentes e relações temáticas nas respostas qualitativas. Estes resultados foram posteriormente triangulados e validados manualmente, garantindo rigor interpretativo e validade interna.

Este modelo metodológico assenta numa epistemologia crítico-interpretativa, comprometida com o envolvimento dos participantes e a produção de conhecimento com relevância social e pedagógica, contribuindo para o debate contemporâneo sobre o ensino da geografia e a valorização do saber docente.

Enquadramento Teórico

A transformação digital na educação, acelerada pela pandemia da COVID-19, trouxe à superfície fragilidades estruturais e, simultaneamente, abriu espaço para reimaginar os processos de ensino e aprendizagem. Neste contexto, a inteligência artificial (IA) surge como uma ferramenta poderosa, com potencial para redefinir práticas pedagógicas e promover ambientes educativos mais personalizados, flexíveis e inclusivos. O ensino da Geografia, disciplina que articula escalas, contextos e realidades complexas, apresenta-se como um terreno fértil para essa inovação.

À luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente o ODS 4¹, que propõe garantir uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade, a introdução de tecnologias como a IA revela-se urgente. Contudo, a ausência de um objetivo específico dedicado à educação digital na Agenda 2030 expõe uma falha crítica, sobretudo quando a exclusão digital é hoje um dos principais fatores de desigualdade educativa (Fiel & Reis, 2025; Saraiva e Sousa, 2025). A IA não deve, por isso, ser vista apenas como inovação técnica, mas como motor de equidade e qualidade educativa.

A Geografia, pela sua natureza interdisciplinar e crítica, ocupa um lugar de destaque na construção de conhecimento contextualizado e ético. A Carta Internacional da Educação Geográfica de 1992 (Hübich) foi pioneira ao propor uma estrutura baseada na articulação entre conhecimentos, competências e valores. Este modelo, amplamente reconhecido, ainda hoje orienta a prática pedagógica, sobretudo em contextos que exigem uma leitura integrada do espaço e da sociedade. A versão revista em 2016 reforça esta missão, destacando o papel da Geografia na formação de cidadãos capazes de compreender e agir sobre os grandes desafios contemporâneos.

É nesta versão que se coloca a pergunta central que orienta a presente investigação:

*“Que métodos de ensino são eficientes e eficazes para melhorar a qualidade da educação geográfica?”*² (IGU-CGE, 2016, p. 6). A procura por respostas implica refletir sobre a forma como a IA pode ser integrada no ensino da Geografia sem comprometer os princípios críticos, éticos e humanistas da disciplina. Trata-se de encontrar formas de inovação que respeitem a especificidade do conhecimento geográfico, enquanto o ampliam com novas ferramentas cognitivas.

Com base na **International Declaration on Research in Geography Education** (IGU-CGE, 2015), a presente investigação inscreve-se nas áreas prioritárias para a renovação do ensino: formação docente, desenvolvimento de recursos digitais de qualidade e integração ética da tecnologia. Esta declaração sublinha a importância de a investigação em educação geográfica ser útil, aplicada e orientada para o impacto pedagógico direto nos contextos de ensino básico e secundário.

Estudos recentes apontam que a IA, quando bem orientada pedagogicamente, tem demonstrado eficácia na personalização da aprendizagem, na análise de dados geográficos complexos e na criação de experiências interativas baseadas em cenários reais (Sousa et al., 2024; Al-Zahrani & Alasmari, 2024). Estas experiências têm revelado ganhos significativos em envolvimento dos alunos, desenvolvimento de competências espaciais e pensamento crítico. Ainda assim, estas oportunidades trazem também riscos: desde a dependência excessiva da tecnologia até às preocupações éticas associadas à opacidade dos algoritmos e à privacidade dos dados. A integração da IA, portanto, exige uma abordagem reflexiva e formativa por parte dos professores.

Neste ponto, torna-se essencial referir o Quadro Europeu DigCompEdu (Redecker, 2017), que define as competências digitais necessárias à docência no século XXI. Longe de se restringirem ao domínio técnico, estas competências implicam a capacidade de selecionar, adaptar e aplicar tecnologias com intencionalidade pedagógica, assegurando práticas educativas inclusivas, éticas e centradas nos alunos. A IA, neste sentido, deve ser compreendida como um meio e não como um fim, sendo o professor o agente mediador do processo educativo. Além do DigCompEdu europeu, outros referenciais internacionais como os *ISTE Standards for Educators* (ISTE, 2022) e o *OECD Learning Compass 2030* (OECD, 2020) reforçam a centralidade da literacia digital crítica, da ética profissional e da capacidade de adaptação pedagógica às tecnologias emergentes. Estes quadros complementam o foco europeu, enfatizando a necessidade de competências interdisciplinares que articulem tecnologia, cidadania e sustentabilidade no ensino da Geografia.

A nível internacional, experiências empíricas demonstram o impacto da IA na educação geográfica. No Reino Unido, um estudo conduzido com turmas do ensino secundário

¹ Apesar de mencionar competências tecnológicas de forma transversal, a Agenda 2030 não inclui um ODS dedicado exclusivamente à transformação digital da educação, o que tem sido alvo de críticas por parte de vários investigadores na área das políticas educativas.

² Esta pergunta enquadra-se na crescente preocupação da comunidade internacional com a eficácia dos métodos pedagógicos face às transformações sociais e tecnológicas em curso.

evidenciou o aumento da autoeficácia e do envolvimento dos alunos após o uso de assistentes pedagógicos baseados em IA em aulas de Geografia (Navan, 2008). Na China, Liu et al. (2025) desenvolveram um currículo de campo apoiado por IA em torno da zona húmida do Mar Amarelo, promovendo a literacia ecológica e a análise de dados geoespaciais por meio de algoritmos de visualização dinâmica e simulação preditiva. É neste enquadramento que se insere o esquema seguinte, que sintetiza a lógica estrutural desta investigação. Partindo da Geografia enquanto disciplina de interseção entre ambiente e sociedade, evidencia-se a centralidade da tecnologia como meio de operacionalização da inteligência artificial. Esta, por sua vez, assume-se como catalisador de transformação educativa, culminando na renovação do ensino da Geografia. O modelo visual representa, assim, uma proposta de articulação entre os pilares epistemológicos da disciplina e as exigências do presente digital.

Também no Canadá, o governo federal tem promovido a integração de *GeoAI* (Geospatial Artificial Intelligence) no ensino, com destaque para o uso de algoritmos de aprendizagem automática que permitem analisar mudanças no uso do solo com imagens satelitais em tempo real. Estas ferramentas têm sido aplicadas em contexto educativo com o objetivo de desenvolver competências espaciais e pensamento crítico sobre alterações ambientais (Governo do Canadá, 2025).

Neste cenário, destaca-se ainda a importância do documento “Guidance for Generative AI in Education and Research” (UNESCO, 2024), que propõe diretrizes específicas para a integração responsável da IA nos sistemas educativos. A UNESCO sublinha que o uso da IA deve promover equidade, inclusão e pensamento crítico, com atenção especial à transparência dos algoritmos e ao respeito pelos direitos humanos. A orientação pedagógica da IA deve, portanto, garantir que as tecnologias sirvam aos valores educativos e não apenas a lógicas de eficiência ou automatismo técnico (UNESCO, 2024).

Apesar do entusiasmo crescente, autores como Selwyn (2022) e Williamson (2023) alertam para os riscos de uma visão tecnocêntrica da IA na educação, que pode desviar a atenção da formação crítica e ética dos alunos. No caso da Geografia, essa crítica adquire particular importância: trata-se de uma disciplina que exige contextualização, análise de múltiplas escalas e uma abordagem interpretativa da relação

sociedade-espço. Assim, a adoção da IA deve ser guiada por uma pedagogia situada, reflexiva e ética — não por imperativos de eficiência ou automatismo.

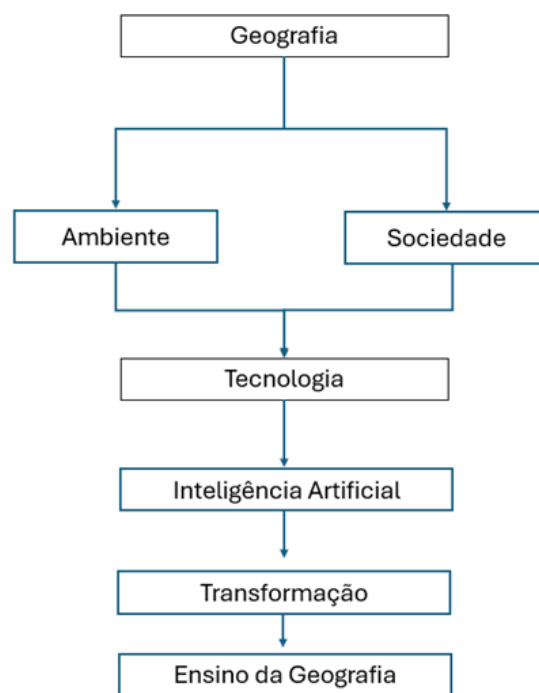


Figura 1 - Integração da Inteligência Artificial no Ensino da Geografia

Fonte: Elaboração Própria, com base nas IGU (2025).

A leitura deste esquema (Figura 1³) confirma a coerência entre os documentos estruturantes da educação geográfica e os objetivos deste estudo. A IA não é apresentada como substituto do docente ou como fim em si mesma, mas como prolongamento pedagógico de uma tradição disciplinar que valoriza o pensamento crítico, a leitura do mundo e a ação informada. Ao integrar os fundamentos da Carta de 1992, a questão orientadora da Carta de 2016 e os eixos de ação da Declaração de 2015, esta investigação procura contribuir para uma educação geográfica mais adaptada aos desafios do século XXI, sem perder de vista os seus compromissos éticos e formativos.

3 O esquema é de autoria própria, elaborado com base nos princípios da Carta de 1992 e nos documentos orientadores da IGU-CGE (2015; 2016), e procura sintetizar a lógica conceptual que estrutura esta investigação.

Análise e Discussão de Resultados

O presente estudo teve como objetivo compreender como os professores de Geografia em Portugal estão a integrar a Inteligência Artificial (IA) nas suas práticas pedagógicas. Os dados recolhidos através de um questionário online, com 177 participantes do ensino básico e secundário, permitem traçar um panorama atual da perceção, utilização e desafios sentidos por estes profissionais no que respeita à adoção desta tecnologia no contexto educativo. A distribuição geográfica foi diversa, incluindo respostas dos Açores (3,4%) e da Madeira (8,5%), o que assegura representatividade nacional.

A maioria dos docentes inquiridos leciona em contexto urbano (53,1%), seguindo-se os contextos periurbanos (28,2%) e rurais (18,6%). Esta distribuição territorial poderá estar relacionada com disparidades no acesso a infraestruturas digitais, programas de formação e políticas de inovação, sendo os ambientes urbanos geralmente mais propícios à implementação de práticas pedagógicas inovadoras. Tal constatação encontra respaldo nos dados do Perfil do Docente (DGEEC, 2024), que evidenciam uma relação direta entre a localização da escola e a sua capacidade de acesso e utilização de recursos tecnológicos. Neste sentido, reforça-se a ideia de que o território continua a ser um fator estruturante na equidade digital e na democratização da inovação educativa. **Como se observa na Figura 2**, os contextos urbanos são os mais representados na amostra, reforçando a concentração de práticas educativas inovadoras nas áreas com melhores recursos.

Distribuição dos Docentes por Contexto Geográfico

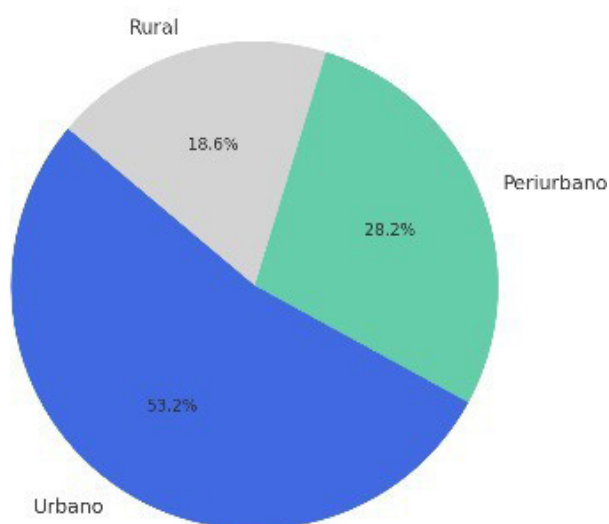


Figura 2 Distribuição dos docentes por contexto geográfico (urbano, periurbano e rural)

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Um dos dados mais expressivos do inquérito diz respeito à auto perceção de competência digital: 91,2% dos docentes indicaram sentir-se confiantes ou muito confiantes no uso de tecnologias em sala de aula. Este indicador sugere um panorama animador em termos de literacia digital básica, refletindo a familiaridade generalizada dos professores com dispositivos, plataformas e aplicações educativas. No entanto, esta autoconfiança não se traduz, necessariamente, numa apropriação crítica, reflexiva ou didático-pedagógica da inteligência artificial. Como salientam Fiel & Reis (2025), a distinção entre competências digitais genéricas e competências específicas para a integração da IA na prática letiva é essencial e frequentemente negligenciada.

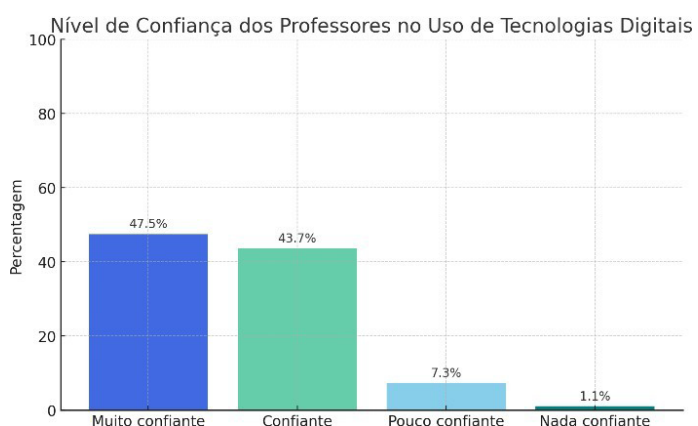


Figura 3 Nível de confiança dos docentes no uso de tecnologia

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Como se pode observar na Figura 3, a esmagadora maioria dos docentes demonstra elevados níveis de confiança no uso de tecnologia.

Apesar de 50,6% dos docentes terem frequentado formação sobre IA, apenas 6,8% referem a existência de estratégias formais de integração da tecnologia nas suas escolas. Este desfasamento entre o esforço individual e a ausência de políticas institucionais consistentes reflete uma lacuna estrutural que compromete a coerência e sustentabilidade da transformação digital no setor educativo. Como sustentam Costa Júnior et al. (2024), a inovação educativa com IA exige um alinhamento entre as esferas pessoal, pedagógica e organizacional, algo que ainda está longe de se concretizar na maioria dos contextos escolares. Bandeira & Aquino (2025) reforçam esta perspetiva ao sublinhar que, sem um projeto institucional claro, a IA tende a ser incorporada de forma fragmentada, voluntarista e, muitas vezes, descontextualizada, limitando o seu potencial transformador.

A análise revela ainda uma tendência geracional significativa: os professores mais jovens, particularmente entre os 20 e os 30 anos, apresentam uma taxa de utilização de 82,3%, com nenhum a declarar desinteresse. Em contraste, entre os docentes com mais de 60 anos, apenas 54,3% utilizam IA, sendo que 14,3% indicam não pretender integrá-la. Esta abertura dos mais jovens confirma o que Reis (2025) e Sharma (2024) identificaram: há uma correlação clara entre juventude profissional e predisposição para práticas inovadoras.

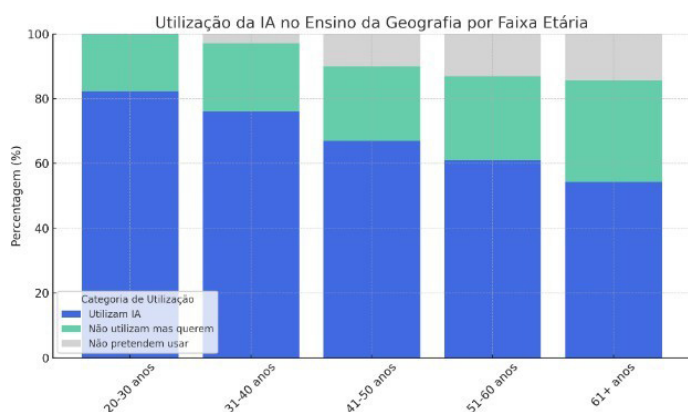


Figura 4 Distribuição percentual da utilização de IA por faixa etária

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Esta tendência pode ser visualizada na Figura 4, que apresenta a distribuição percentual da utilização de IA por faixa etária, evidenciando a crescente adoção entre os professores mais jovens e a maior resistência entre os docentes com mais tempo de serviço.

Relativamente à frequência e finalidades da utilização, os usos mais comuns estão associados ao esclarecimento de dúvidas sobre temas atuais (51,1%) e à exploração de conceitos complexos com apoio visual e analítico⁴ (45,4%). Estas práticas iniciais de utilização da IA — centradas no esclarecimento de dúvidas e na explicação visual de conceitos — encontram-se alinhadas com as dimensões propostas pelo DigCompEdu (Redecker, 2017), especialmente no que concerne às áreas de “ensino e aprendizagem” e “empoderamento dos alunos”, que valorizam o uso pedagógico das tecnologias digitais para apoiar a compreensão e fomentar a participação ativa dos estudantes.

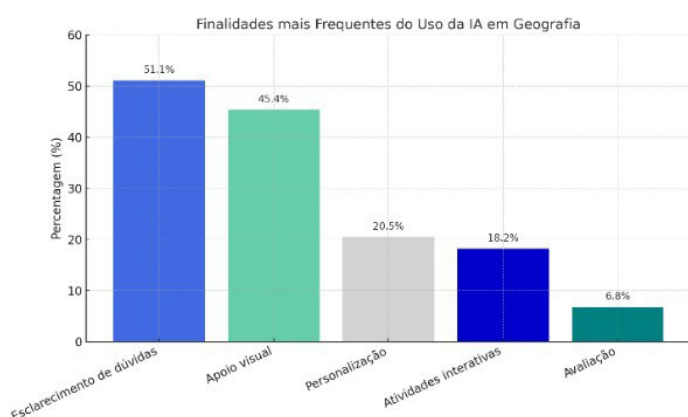


Figura 5 Finalidades mais Frequentes do Uso da Inteligência Artificial no Ensino da Geografia

Fonte: Elaboração Própria (2025).

Esta tendência de utilização pode ser visualmente observada no gráfico anterior (Figura 5), que sintetiza as finalidades mais comuns atribuídas à IA pelos docentes de Geografia.

No entanto, tarefas mais exigentes, como a personalização do ensino (adotada por apenas 20,5% dos docentes), a criação de atividades interativas (18,2%) ou o uso da IA para suporte à avaliação formativa (6,8%), permanecem largamente subexploradas. Este padrão confirma o diagnóstico de subutilização pedagógica da IA já identificado por Li, Mokhtar & Ayub (2024), que alertam para a tendência de se recorrer à IA sobretudo em funções auxiliares e de superfície, sem um aproveitamento efetivo do seu potencial transformador. Da mesma forma, Veras et al. (2024) destacam que a ausência de formação contínua e de ferramentas adaptadas aos currículos disciplinares contribui para que a IA permaneça numa esfera periférica da prática docente, em vez de ser plenamente integrada nos processos de ensino-aprendizagem com intencionalidade e profundidade pedagógica.

A utilização da Inteligência Artificial para análise de dados espaciais com recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) revela-se ainda incipiente, sendo referida de forma regular por apenas 13,6% dos docentes inquiridos. Esta percentagem é particularmente reveladora, tendo em conta o potencial significativo que os SIG — potenciados por

4 Por “apoio visual e analítico” entende-se o uso de ferramentas de IA para gerar mapas, esquemas, gráficos ou representações visuais que auxiliam na compreensão de conceitos geográficos, bem como a organização e análise simplificada de dados complexos.

algoritmos de IA — apresentam para o desenvolvimento da literacia espacial, da análise crítica de fenómenos territoriais e da construção de raciocínio geográfico complexo. A subutilização desta vertente tecnológica aponta para uma lacuna clara na formação docente, sobretudo no que diz respeito ao domínio técnico-pedagógico das ferramentas digitais aplicadas à análise espacial.

Como salientam Fiel & Reis (2025), é imperativo que os cursos de formação inicial e contínua de professores de Geografia contemplem módulos específicos sobre IA geoespacial, de forma prática e situada, capazes de articular conteúdos curriculares com ferramentas contemporâneas de interpretação do espaço. Nessa mesma linha, Caicedo Balseca et al. (2025) sublinham a urgência de integrar a IA nos currículos da Educação Básica através de abordagens transdisciplinares e aplicadas, promovendo uma formação mais adequada às exigências do século XXI.

Quanto às aplicações de IA efetivamente utilizadas pelos professores, destacam-se ferramentas generalistas como o ChatGPT, seguido pelo Gemini e Bing AI. Estas plataformas são valorizadas pela sua versatilidade, acessibilidade e capacidade de gerar explicações rápidas ou adaptar conteúdos ao nível dos alunos, funcionando como assistentes pedagógicos informais. Contudo, a sua integração plena e estruturada nos currículos de Geografia permanece limitada, o que evidencia a ausência de uma orientação pedagógica clara para o seu uso. Este cenário levanta questões sobre a adequação das ferramentas disponíveis às necessidades específicas da disciplina, bem como sobre o apoio que os docentes recebem para explorá-las de forma crítica e contextualizada.

Um professor comentou:

“O ChatGPT ajuda, mas sinto falta de plataformas pensadas para o ensino da Geografia, com mapas, dados espaciais e ligação aos nossos programas.”

Este testemunho reforça o apelo feito por Veras et al. (2024), que defendem a criação de soluções educacionais com pertinência curricular e sensibilidade contextual.

Os testemunhos recolhidos ajudam a aprofundar a leitura dos dados.

Um professor relatou:

“Usei IA para criar mapas mentais com os alunos. Foi positivo porque diversificou a abordagem. Mas também percebi que alguns alunos começaram a usá-la como atalho, sem refletir sobre o conteúdo.”

Outro docente sublinhou:

“O ChatGPT ajuda-me a diversificar os recursos, mas falta uma IA que dialogue diretamente com o currículo da Geografia.”

Estes testemunhos revelam tanto o entusiasmo quanto as limitações pedagógicas sentidas no terreno. A ausência de apoio institucional também foi identificada como um entrave relevante (21,8%), a par da falta de conhecimento técnico (32,7%) e do receio de dependência excessiva dos alunos (29,1%) (ver figura 6).

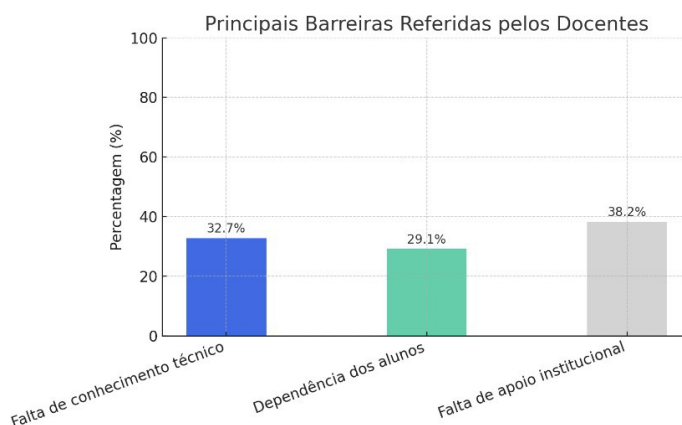


Figura 6 - Distribuição percentual das principais barreiras identificadas pelos docentes à integração da IA no ensino da Geografia.

Fonte: Elaboração Própria (2025).

A dimensão ética constitui uma preocupação transversal no contexto do uso da Inteligência Artificial (IA) no ensino da Geografia. De acordo com os dados obtidos, 66% dos docentes relataram ter detetado usos indevidos da IA por parte dos alunos, com destaque para a cópia literal de respostas geradas automaticamente, sem qualquer reelaboração ou interpretação pessoal. Este tipo de prática compromete não apenas a integridade dos processos avaliativos, mas também o desenvolvimento de competências cognitivas essenciais, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de síntese.

Este receio é confirmado na resposta aos inquéritos por 72,9% dos docentes, que consideram que a IA, apesar do seu potencial, ainda contribui de forma limitada para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos, sendo rara a perceção de um impacto verdadeiramente transformador.

Mais preocupante ainda, apenas 1,1% dos professores acreditam que os alunos conseguem distinguir com clareza conteúdos produzidos por humanos daqueles gerados por IA. Outros 26,6%

reconhecem que os estudantes conseguem fazê-lo apenas em parte, enquanto a maioria expressiva (57,6%) considera que os alunos não têm essa capacidade. Estes dados revelam um déficit alarmante de literacia digital crítica, alertando para a necessidade urgente de intervenção pedagógica neste domínio⁵.

Esta preocupação é corroborada por diversos estudos. O'Donnell et al. (2024) alertam para o risco de a IA se transformar num “atalho cognitivo” se utilizada sem mediação pedagógica, promovendo aprendizagens superficiais e dependência tecnológica. De facto, para além do risco de plágio automatizado, os professores assinalam que os alunos tendem a confiar excessivamente nas respostas da IA (31,7%) e a reduzir a sua capacidade de desenvolver pensamento crítico (30,3%), o que evidencia a urgência de uma mediação pedagógica eficaz e da promoção de competências analíticas e éticas no uso destas ferramentas.

Apie (2025) e Veras et al. (2024) reforçam esta posição ao destacar que o uso acrítico da IA pode erosionar a autonomia intelectual dos alunos e desvalorizar o esforço cognitivo, colocando em risco os fundamentos éticos da educação. A **Carta Internacional da Educação Geográfica (IGU-CGE, 2016)** reitera esta necessidade ao sublinhar que a literacia ética e digital deve ser uma competência transversal, essencial à construção de uma cidadania crítica e informada.

A dependência excessiva da IA, quando não mediada por uma orientação pedagógica crítica, pode levar à estagnação cognitiva, substituindo o raciocínio autónomo por respostas automatizadas, o que compromete a construção de um pensamento crítico genuíno, reflexivo e contextualizado, essencial no ensino da Geografia e na formação cidadã dos alunos.

A análise global dos resultados permite concluir que a Inteligência Artificial está a emergir como uma ferramenta relevante e promissora no ensino da Geografia, sendo já utilizada por uma parte significativa dos docentes — sobretudo os mais jovens — em tarefas relacionadas com a explicação de conteúdos, a visualização de dados e a dinamização das aulas. Esta adoção precoce, ainda que incipiente, evidencia o reconhecimento do potencial da IA para apoiar a aprendizagem ativa e contextualizada, contribuindo para a compreensão de fenómenos espaciais complexos e atuais. No entanto, a apropriação da IA no contexto educativo permanece, em muitos casos, maioritariamente funcional e pontual, limitada a usos superficiais ou instrumentais, sem alcançar uma dimensão estratégica, crítica ou verdadeiramente transformadora do processo de ensino-aprendizagem (Li et al., 2024; Bandeira & Aquino, 2025).

Esta realidade reflete o que Caicedo Balseca et al. (2025) descrevem como “integração reativa” — uma incorporação baseada mais na experimentação individual do que em diretrizes pedagógicas estruturadas. Assim, embora exista um entusiasmo crescente entre os professores, a ausência de políticas escolares claras, de modelos de formação contínua adaptados à especificidade da Geografia e de recursos técnicos adequados continua a limitar a institucionalização da IA como instrumento pedagógico pleno. Neste sentido, Sharma (2024) sublinha a necessidade de construir uma ecologia profissional favorável à inovação educativa, assente numa cultura de colaboração, desenvolvimento profissional sistemático e alinhamento curricular.

A integração eficaz da IA, conforme identificada pelos próprios docentes inquiridos, requer três eixos prioritários: formação contínua (67,2%), desenvolvimento de ferramentas alinhadas com o currículo da Geografia (54,8%) e apoio técnico institucional regular (42,6%). Estes elementos são consistentes com os seis eixos da Declaração Internacional sobre Investigação em Educação Geográfica (IGU-CGE, 2015): currículo, progressão da aprendizagem, recursos, formação, pensamento crítico e tecnologia ética. Tais eixos enfatizam a necessidade de uma abordagem sistémica que não apenas promova a inovação tecnológica, mas também assegure coerência pedagógica, equidade no acesso digital e sustentabilidade institucional.

Adicionalmente, como salientam Veras et al. (2024) e a UNESCO (2024) no seu Quadro de Competências em IA para Professores, o uso pedagógico da inteligência artificial deve estar ancorado em valores éticos, pensamento crítico e responsabilidade social, sendo essencial evitar uma visão instrumentalista ou meramente tecnicista da tecnologia. A IA, quando usada com sentido crítico e intencionalidade pedagógica, pode não só ampliar as possibilidades de aprendizagem, mas também contribuir para a formação de uma cidadania mais informada e participativa, capaz de compreender e intervir sobre os territórios em que se insere.

Tal como referem Fiel e Reis (2025) e o Quadro de Competências em IA para Professores da UNESCO (2024), a integração significativa da IA na educação exige mais do que competências técnicas: requer uma renovação pedagógica ancorada na ética, na criticidade e na compreensão do mundo. Só assim a IA poderá ser um verdadeiro aliado na construção de uma educação geográfica mais crítica, contextualizada e transformadora, em sintonia com os princípios do ODS 4 da Agenda 2030 e com os valores da CGE (2016).

⁵ Segundo o Quadro Europeu de Competência Digital para Educadores — *DigCompEdu* (Redecker, 2017), a literacia digital crítica exige que os alunos sejam capazes de interpretar, avaliar e distinguir conteúdos digitais de forma ética e informada. A ausência dessas competências pode favorecer o plágio automatizado, a superficialidade cognitiva e a desresponsabilização no processo de aprendizagem.

Conclusão

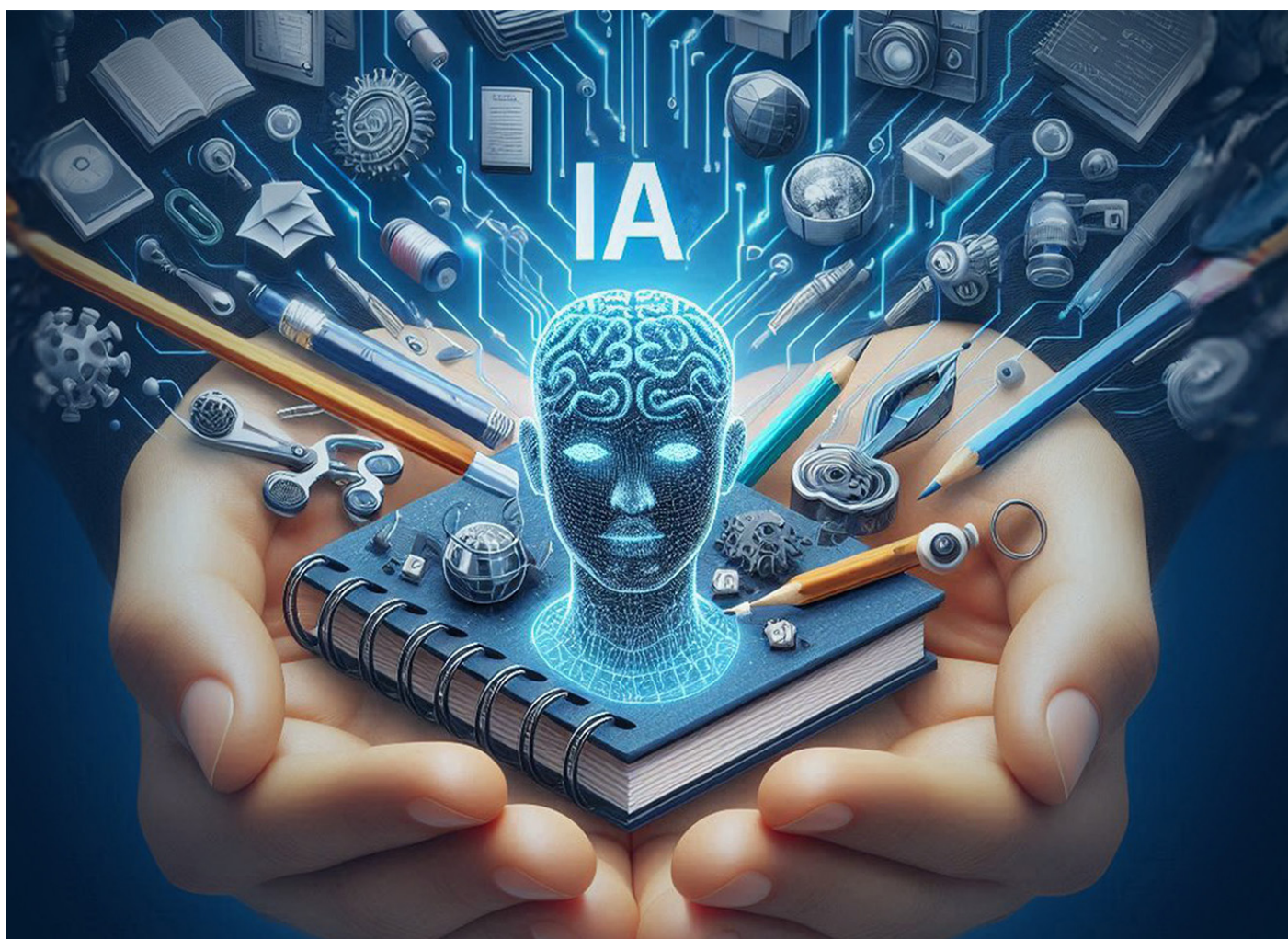
A presente investigação evidencia que a integração da Inteligência Artificial no ensino da Geografia permanece numa fase embrionária, caracterizada por um uso essencialmente instrumental, centrado em funções de apoio à explicação de conteúdos e visualização de informação. Apesar de uma percepção generalizada de confiança no uso das tecnologias digitais, observa-se uma escassa apropriação da IA para fins pedagógicos mais avançados, nomeadamente no domínio da análise geoespacial e da personalização das aprendizagens.

Este cenário revela não apenas limitações técnicas, mas uma clivagem profunda entre a iniciativa individual dos docentes e a ausência de estratégias institucionais articuladas. A fragmentação dos processos formativos, muitas vezes desvinculados de orientações curriculares claras, compromete a consolidação de práticas pedagógicas inovadoras e sustentáveis. A estas limitações acrescem desigualdades territoriais no acesso a infraestruturas digitais, refletindo assimetrias estruturais que põem em causa os princípios de equidade educativa. Acresce a este quadro uma preocupação ética crescente

com os usos indevidos da IA por parte dos alunos, sublinhando a urgência de reforçar a literacia digital crítica no contexto escolar. **Conclui-se, assim, que os professores de Geografia recorrem à Inteligência Artificial de forma pontual e funcional, sendo raras as práticas que a integram de forma estratégica, crítica e transformadora no processo de ensino-aprendizagem.**

Torna-se, por isso, evidente a necessidade de uma abordagem sistémica à integração da IA na educação geográfica, assente em três eixos fundamentais: garantir o acesso equitativo aos recursos tecnológicos, reconfigurar os modelos de formação docente com enfoque em geotecnologias, e consolidar práticas pedagógicas mediadas por princípios éticos, críticos e reflexivos.

A abertura demonstrada por segmentos mais jovens da profissão revela um potencial transformador que importa escutar e mobilizar. A IA não substitui o professor, mas redefine o seu papel como agente mediador num contexto de complexidade crescente. Nesse sentido, o futuro da educação geográfica exige uma visão integrada que articule inovação tecnológica, compromisso ético e justiça socioeducativa. ♦



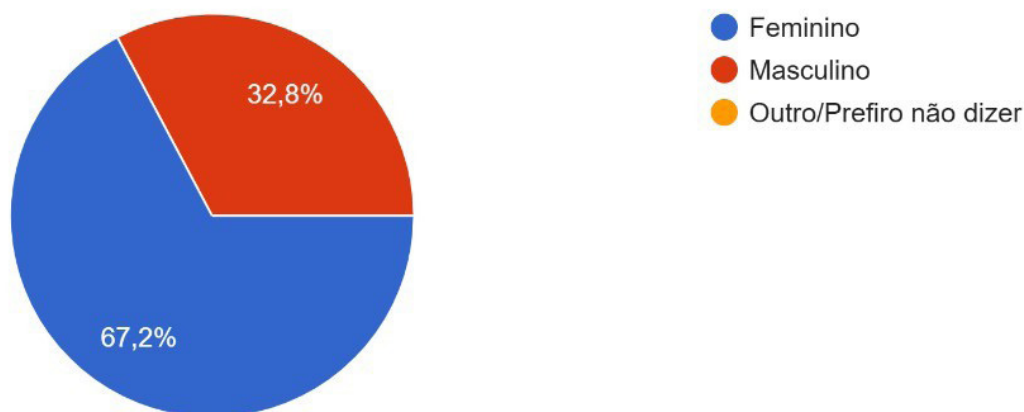
Referências Bibliográficas

- Anusse, R. (2024). Inclusão digital e o ensino de Geografia: limites e possibilidades do uso de inteligência artificial nas universidades moçambicanas. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14678328>
- Apie, E. M. (2025). Ethics of artificial intelligence (AI) and teacher integrity in the deployment of smart technologies in the digital era in Cross River State, Nigeria. *East African Journal of Arts and Social Sciences*, 8(1), 67–78. <https://doi.org/10.37284/eajass.8.1.2595>
- Bandeira, Y. A., & Aquino, F. J. A. (2025). Futuro da educação com inteligência artificial: euforia ou revolução? *Revista Nova Paideia*, 7(1), 315–331.
- Caicedo Balseca, Á. E., Guerrero Vallejo, M. A., Cujilema Pilco, S. E., & Coro Andrade, L. M. (2025). La integración de la inteligencia artificial en los currículos educativos de educación general básica. *Revista Imaginario Social*, 8(1), 107–119.
- Costa Júnior, J. F., Lopes, L. C. L., dos Santos, M. C. F., da Rocha, F. C., Oliveira, I. S., Fonseca, I. M., ... & Amorim, L. M. (2024). Preparando professores para o futuro: competências necessárias na era da IA. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 17(8), 1–20. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.8-399>
- Li, C., Mokhtar, M. M., & Ayub, A. F. M. (2024). The 5P Funnel Framework: An AI- integrated instructional design for enhancing teacher professional development. *Journal of Public Administration and Governance*, 14(2S), 78–81. <https://doi.org/10.5296/jpag.v14i2S.22590>
- Liu, B., Zeng, W., Liu, W., Peng, Y., & Yao, N. (2025). AI-enhanced design and application of high school geography field studies in China: A case study of the Yellow (Bohai) Sea migratory bird habitat curriculum. *Algorithms*, 18(1), 47. <https://doi.org/10.3390/a18010047>
- Navan, S. (2008). Augmenting instruction with artificial intelligence in geography lessons. Chartered College of Teaching.
- O'Donnell, C., Coughlan, T., & Holmes, W. (2024). Ethics, literacy and responsibility in AI-enhanced education. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 8(1), 15–30. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2024.100541>
- OECD. (2020). Learning Compass 2030. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- DGEEC. (2024). Perfil do Docente 2022/2023. Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência. <https://www.dgeec.mec.pt>
- Fiel, E., & Reis, V. (2025). Ferramentas de IA e a evolução das competências digitais no ensino superior de Geografia. Universidade NOVA de Lisboa. <https://www.researchgate.net/publication/389411077>
- Government of Canada. (2025). GeoAI data series – Land use monitoring through AI. Government of Canada. <https://www.canada.ca/en/services/environment/geoai.html>
- IGU-CGE. (1992). International Charter on Geographical Education. Commission on Geographical Education of the International Geographical Union.
- IGU-CGE. (2015). International Declaration on Research in Geography Education. International Geographical Union – Commission on Geographical Education.
- IGU-CGE. (2016). International Charter on Geographical Education. Commission on Geographical Education of the International Geographical Union.
- ISTE. (2022). ISTE Standards for Educators. International Society for Technology in Education. <https://www.iste.org/standards/iste-standards-for-educators>
- Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>
- Reis, V. (2025). Professores de Geografia e a Inteligência Artificial Generativa: um estudo exploratório. Universidade NOVA de Lisboa. <https://www.researchgate.net/publication/389410974>
- Selwyn, N. (2022). Should robots replace teachers? AI and the future of education. Polity Press.
- UNESCO. (2024). AI Competency Framework for Teachers. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387592>
- Veras, W. A., Melo, L. C., Silva, D. S., Sousa, S. D. A., Simão, M. V. O., & Serra, A. R. C. (2024). Conectando saberes: desafios e oportunidades da inteligência artificial na educação do século XXI. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 7(17), e171430. <https://doi.org/10.55892/jrg.v7i15.1430>
- Williamson, B. (2023). The datafication of education: Technologies, metrics, and the automation of learning. Routledge

Anexos

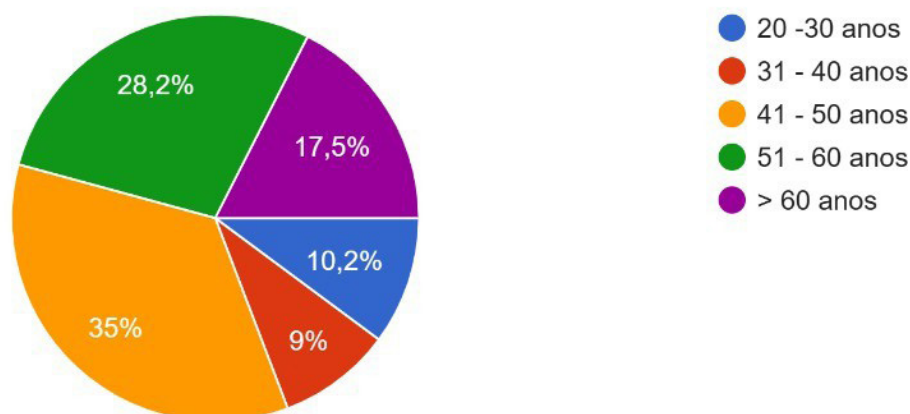
Sexo

177 respostas



Idade

177 respostas



Formação académica

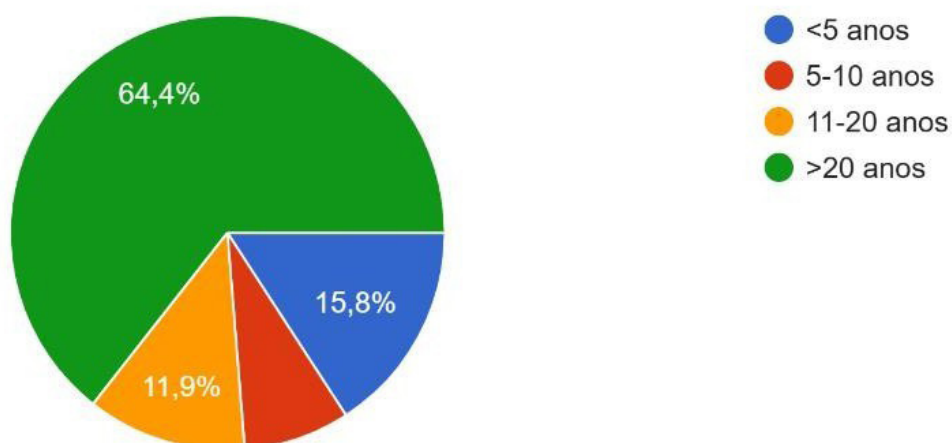
177 respostas



▲ 1/2 ▼

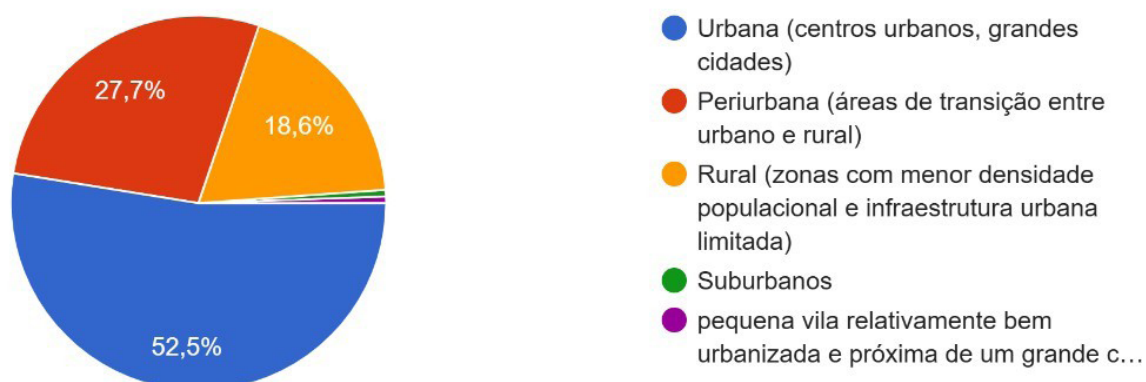
Anos de experiência no ensino de Geografia

177 respostas



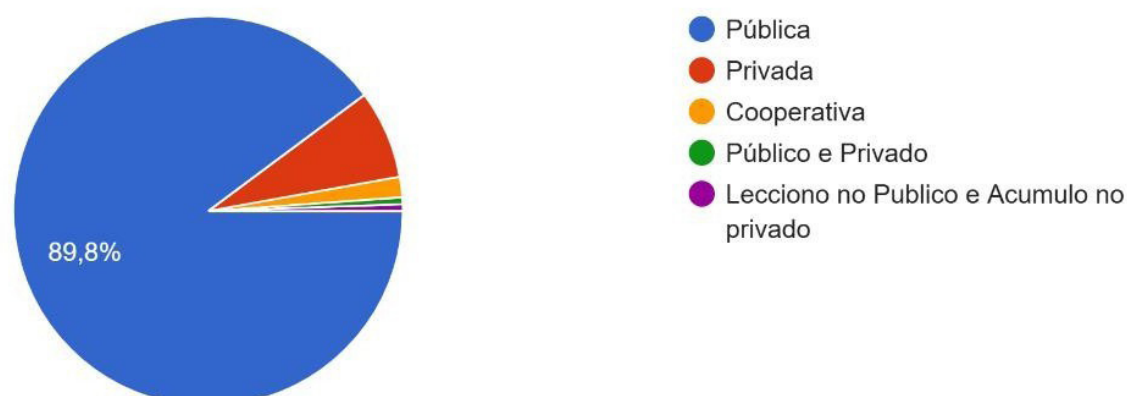
Como descreveria a zona onde se localiza a sua escola?

177 respostas



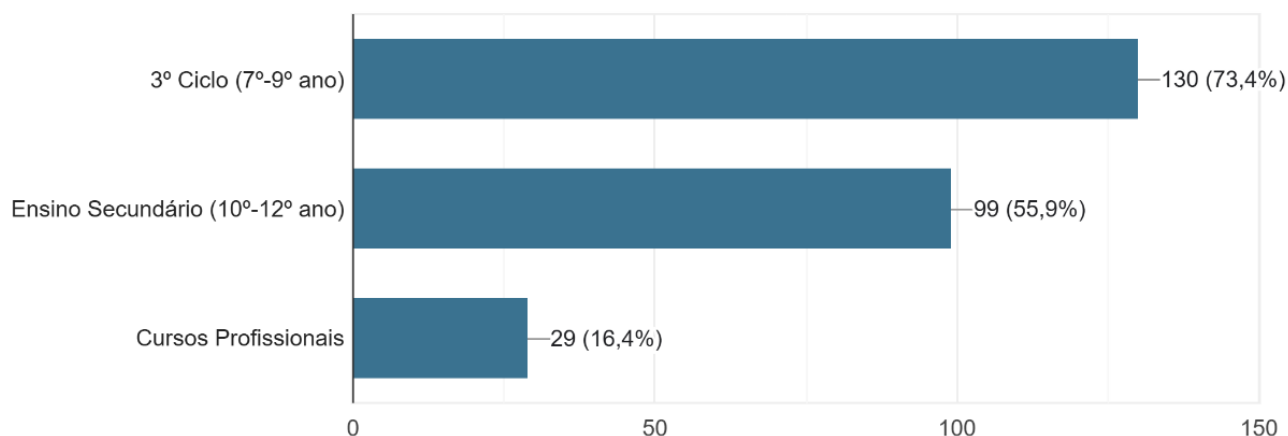
Em que tipo de escola leciona atualmente?

177 respostas



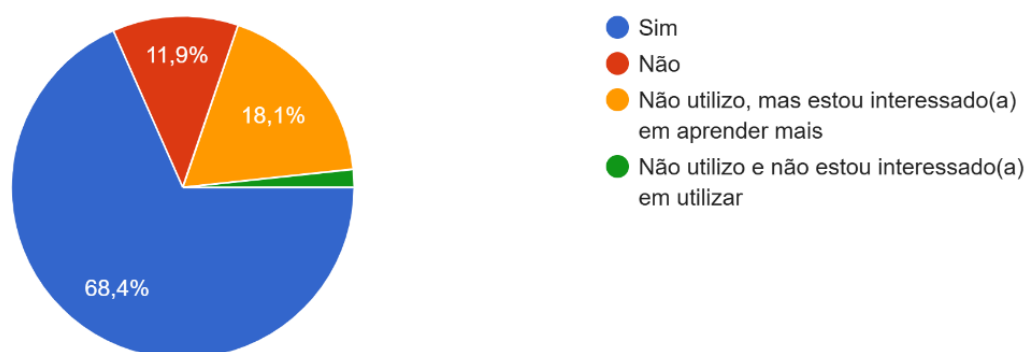
Nível de ensino em que leciona (pode selecionar mais do que uma opção):

177 respostas



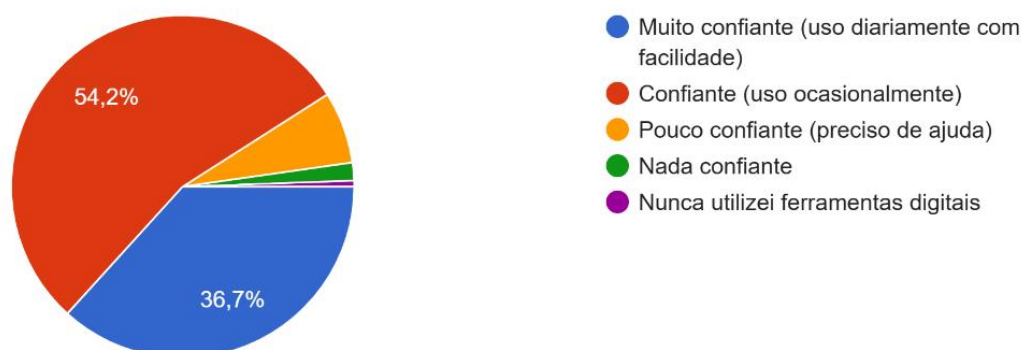
Você utiliza atualmente ferramentas de Inteligência Artificial na sua atividade de docência?

177 respostas



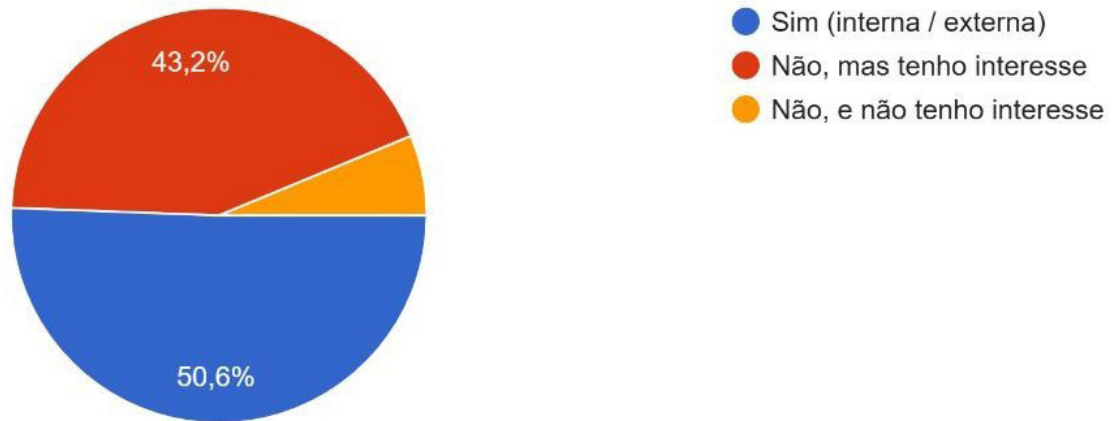
Qual o seu nível de confiança no uso de ferramentas digitais em geral?

177 respostas



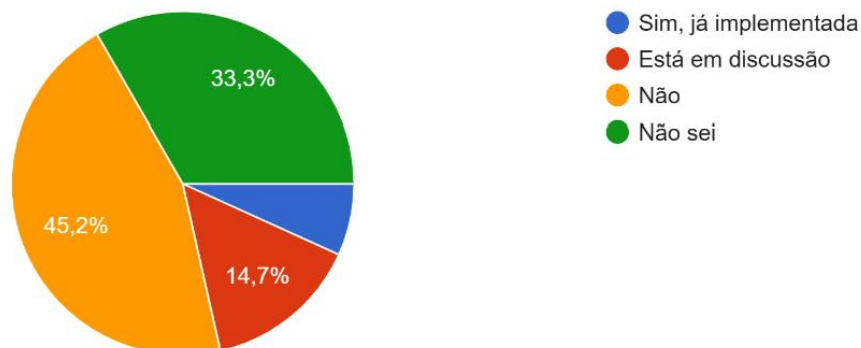
Já participou em formação sobre IA em educação?

176 respostas

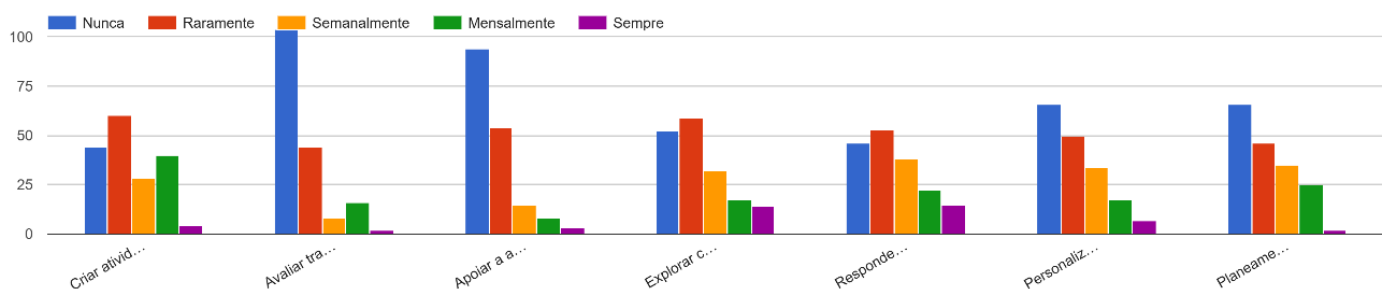


A sua escola tem uma estratégia formal para integrar IA no ensino?

177 respostas

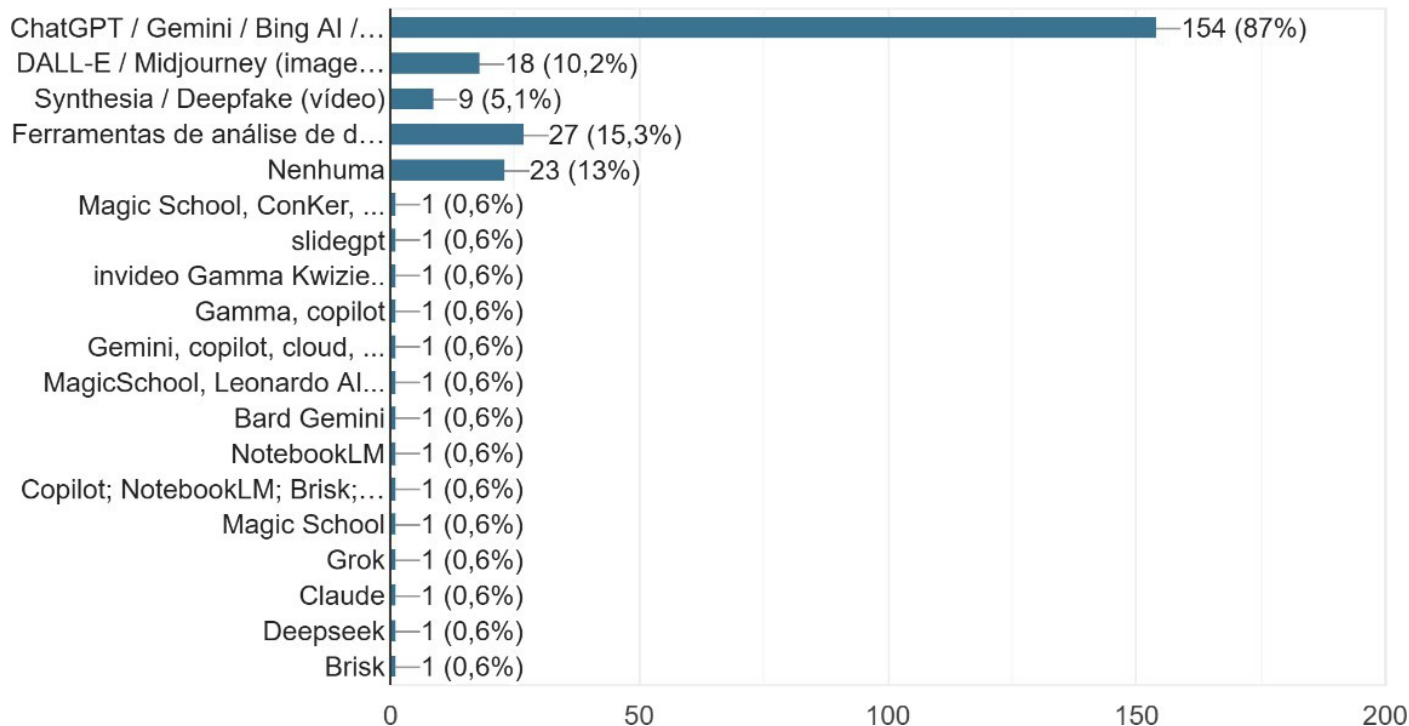


Com que frequência utiliza IA para as seguintes tarefas?



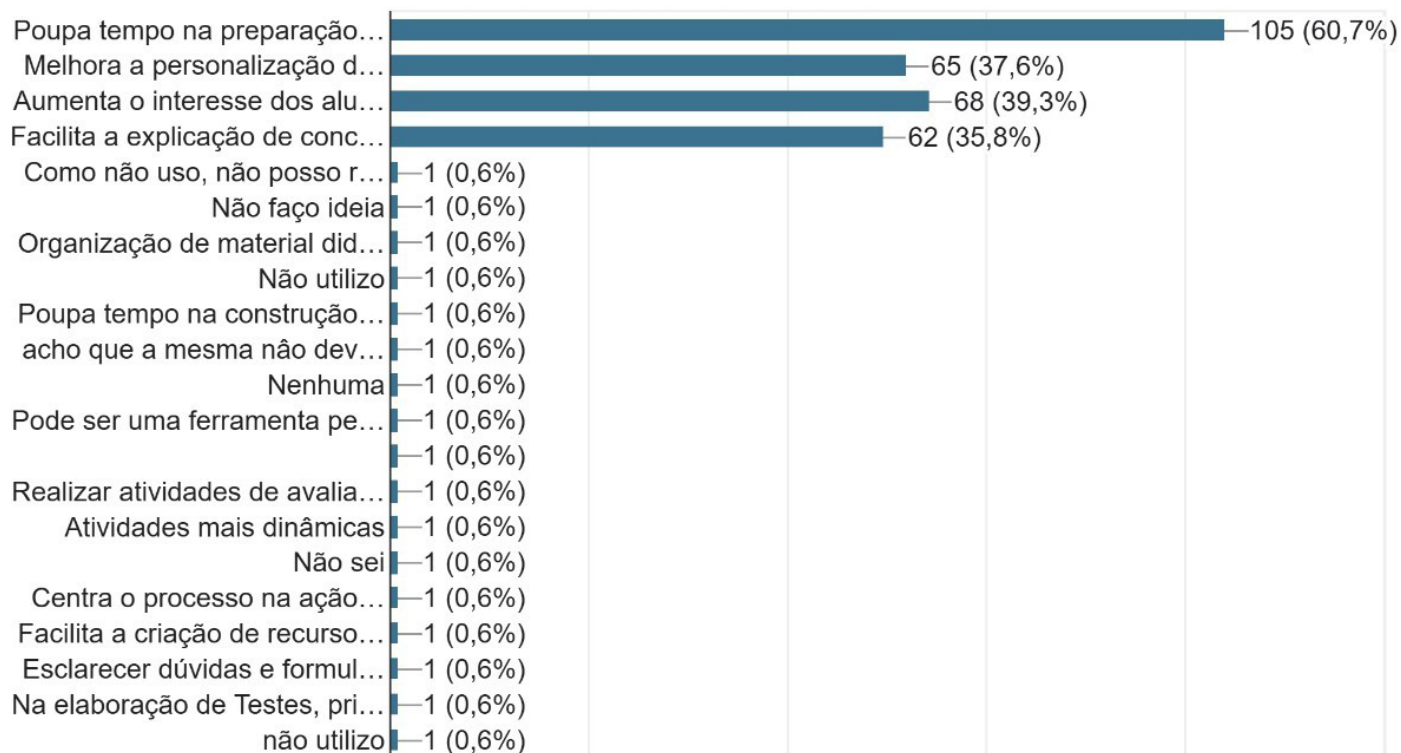
Que tipo de IA generativa já utilizou?

177 respostas



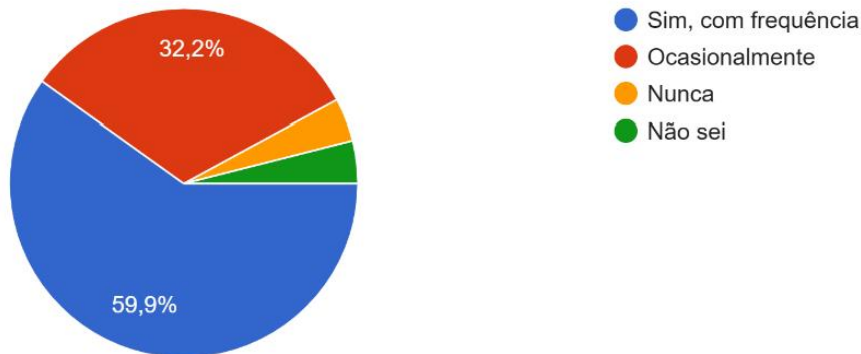
Quais os principais benefícios que observa ao usar IA?

173 respostas



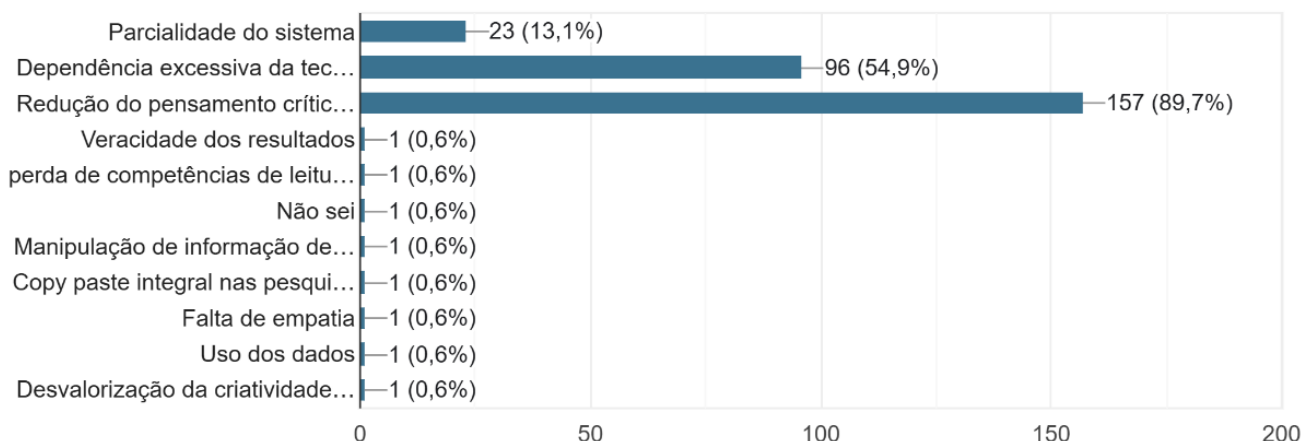
Já sentiu que os alunos utilizaram IA de forma indevida?

177 respostas



Quais as maiores preocupações éticas no uso de IA?

175 respostas



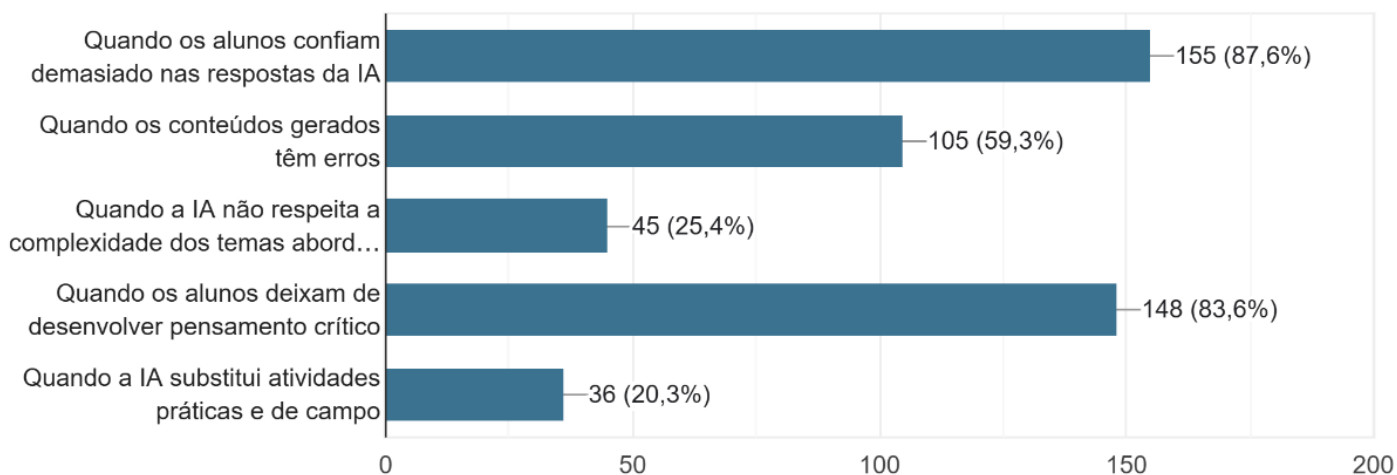
Em que medida considera que a IA contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos?

176 respostas



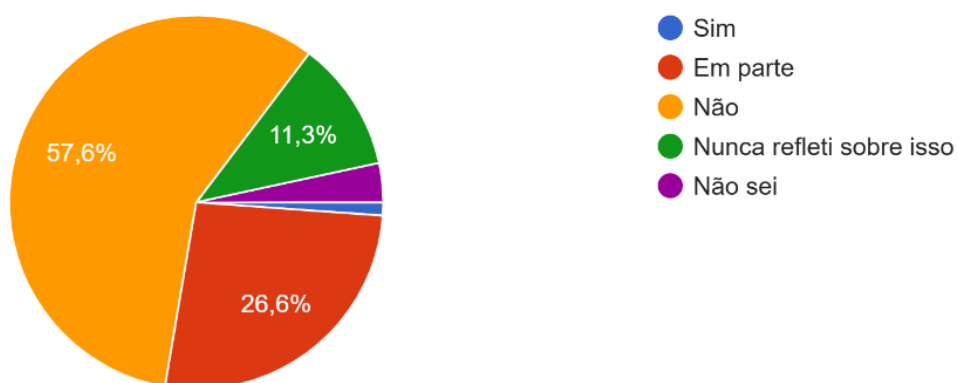
Em que situações sente que a IA pode limitar a aprendizagem dos alunos?

177 respostas



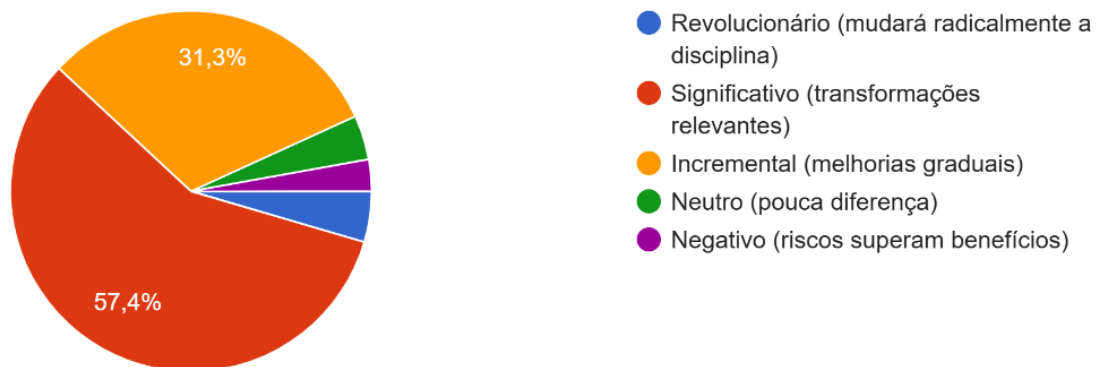
Acha que os seus alunos sabem distinguir entre conteúdos criados por IA e por humanos?

177 respostas



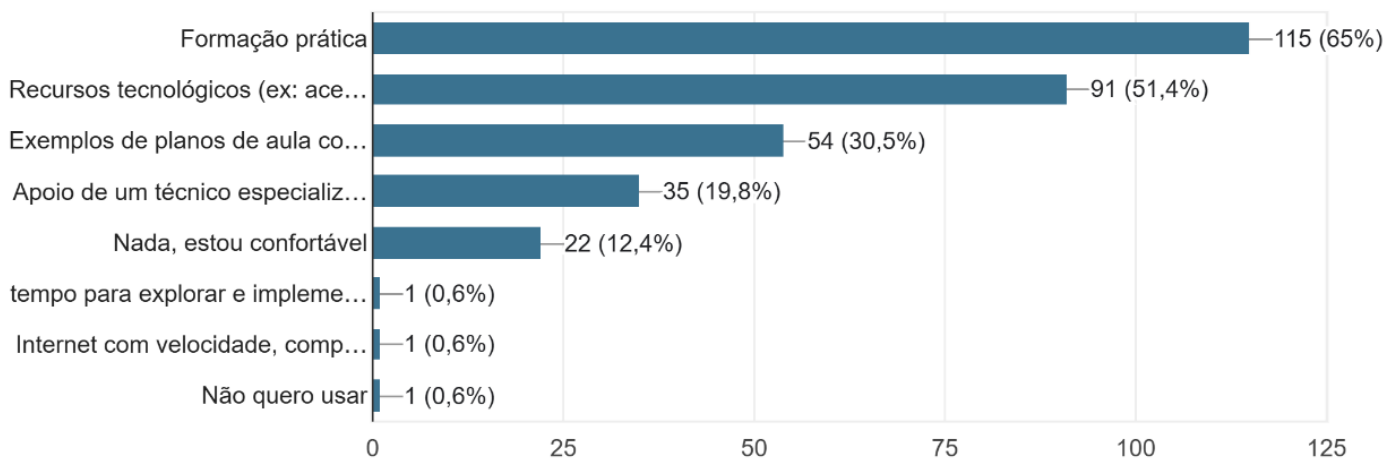
Como avalia o impacto potencial da IA no ensino da Geografia nos próximos 5 anos?

176 respostas



Que apoio precisaria para integrar IA no seu ensino?

177 respostas



Notas sobre a relação entre Inteligência Artificial, Geografia, Sistemas de Informação Geográfica e ensino

Joaquim Patriarca

Estudante de Doutoramento em Engenharia Informática, Departamento de Engenharia Informática, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal; jpatriarca2124@gmail.com ; Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores – Coimbra, Coimbra, Portugal; Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

Resumo: A introdução das plataformas baseadas em Inteligência Artificial (IA), nomeadamente os *Large Language Models* (LLM) como o ChatGPT, veio transformar significativamente o modo como professores e estudantes se relacionam com o conhecimento e o processo de aprendizagem. Este artigo propõe uma reflexão crítica, sustentada na experiência empírica do autor, sobre as implicações do uso de LLM no ensino das ciências geográficas. Apresentam-se exemplos de aplicações práticas destes modelos na criação de conteúdos, apoio à resolução de problemas com *software* SIG e promoção da literacia geoespacial. Ao mesmo tempo, sublinham-se os riscos associados à utilização acrítica destas ferramentas por parte dos alunos, bem como a necessidade de desenvolver estratégias de avaliação que dificultem a fraude com recurso a estas tecnologias. Defende-se que os professores podem sensibilizar os estudantes para um responsável da IA, optando por metodologias que exijam trabalho campo, análise crítica e articulação de conhecimentos. A IA deve ser entendida não como uma ameaça, mas como uma oportunidade para promover uma aprendizagem mais autónoma, exigente e reflexiva.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; LLM; Ensino da Geografia; Sistemas de Informação Geográfica; Literacia Geoespacial.

Introdução

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência da computação que visa desenvolver máquinas que realizam tarefas que normalmente exigem intervenção ou inteligência humana. Inclui subdomínios, como a robótica, *machine learning* (ML), ou *computer vision*. Embora a IA exista desde a segunda metade do século XX - com marcos importantes como o Teste de Turing, o *Perceptron* ou o *Adaline* – foi apenas em 2022, com

o lançamento do ChatGPT pela *OpenAI*, que a IA ganhou uma visibilidade sem precedentes. Seguiram-se outras plataformas, como o Gemini (Google), o PerplexityAI, ou o CoPilotAI (Microsoft). Algumas foram desenvolvidas em específico para aplicações no âmbito das ciências geográficas, como o GeoGPT¹ ou o Aino².

Estas plataformas baseiam-se em modelos generativos e *Large Language Models* (LLM), que permitem aos utilizadores interagir com a tecnologia em linguagem natural. Os *chatbots* podem ser usados num conjunto alargado de aplicações:

- Desenvolvimento e teste de código³, independentemente da linguagem de programação;
- Traduzir textos;
- Obter e resumir informação sobre qualquer assunto;
- Gerar nova informação ou conteúdo;
- Resolver problemas matemáticos ou técnicos.

O seu impacto no quotidiano é inegável e, naturalmente, isso reflete-se também no ensino. Os LLM obrigam à reavaliação de práticas pedagógicas, também no ensino da Geografia. São ferramentas com enorme potencial para facilitar a aprendizagem, mas, se mal utilizadas, podem comprometer o desenvolvimento de competências fundamentais por parte dos estudantes.

¹ <https://geogpt.zero2x.org/>, acedido em 28 julho 2025

² <https://www.aino.world/>, acedido em 28 julho 2025.

³ Em informática, código refere-se a um conjunto de instruções escritas, por humanos, numa qualquer linguagem de programação, que um computador entende e executa quando solicitado por um operador. Estas instruções são a base de qualquer programa, aplicação ou website.

A utilização acrítica destas tecnologias tem levado a situações de dependência, desinformação ou fraude escolar/académica. Em simultâneo, requerem um maior esforço dos docentes na validação da informação produzida pelos alunos e na adaptação dos métodos de avaliação. É neste quadro que se propõe a presente reflexão, com base em experiências práticas e observações empíricas do autor, centrada em três eixos:

- O papel do professor de Geografia na promoção da literacia geoespacial;
- A utilidade e os desafios da integração da IA no ensino;
- Casos práticos de utilização do ChatGPT na resolução de exercícios típicos de uma unidade curricular sobre Sistemas de Informação Geográfica (SIG), evidenciando tanto as potencialidades como as limitações desta tecnologia no apoio à aprendizagem neste domínio.

- Topofilia: estudar os tipos de sensações e percepções que os indivíduos têm sobre os lugares que frequentam (Larkin *et al.*, 2021).
- Estudos de impacto ambiental: mapear a distribuição de partículas poluentes (Tang *et al.*, 2024; Samad *et al.*, 2023).
- Climatologia: prever cenários climáticos futuros.
- Planeamento e ordenamento do território: análise da variação do uso e ocupação do solo ao longo do tempo e previsão de cenários futuros (Yuh *et al.*, 2023; Pande *et al.*, 2024).
- Geografia dos transportes: ajuste de redes de transportes públicos com base no perfil pessoal e geográfico (territorialidades) da população.
- Aquisição de dados: correção e transformação de imagens de satélite – remoção de nuvens e preenchimento desses pixéis com valores esperados numa situação “sem nuvens”; transformação de imagens Sentinel-2 em imagens de muito alta resolução espacial (Ebel *et al.*, 2021; Aybar *et al.*, 2024).

2 - O Professor de Geografia enquanto promotor de literacia geoespacial

Entre os subdomínios da IA, o ML destaca-se pelo seu potencial na análise de dados. Os algoritmos de ML conseguem identificar padrões e aprender com os dados, aplicando esse conhecimento à resolução de problemas, sem necessidade de reprogramação constante. Isto quer dizer que o mesmo algoritmo pode ser usado, tanto para detetar fraudes bancárias, como para determinar a probabilidade de ocorrência de incêndios num determinado lugar e tempo.

Na Geografia, as técnicas de ML podem ser particularmente úteis em áreas como:

- Geografia da saúde: identificação das determinantes da saúde que mais contribuem para os resultados em saúde.
- Riscos naturais: cálculo da perigosidade ou suscetibilidade de ocorrência de incêndios florestais, inundações, movimentos de vertente, entre outros (Pourghasemi *et al.*, 2020; Chauhan *et al.*, 2025).
- Fitogeografia: identificar áreas com maior aptidão para a instalação de espécies invasoras (Kim *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2024).

Só através das técnicas de ML é possível ao Geógrafo explorar eficazmente o vasto volume de dados geográficos hoje disponível. A última década marcou a consolidação da *big geospatial data*, impulsionada pelo crescimento exponencial da quantidade, qualidade e diversidade de dados de acesso livre - desde plataformas criadas por voluntários como o OpenStreetMap, redes sociais ou programas como as missões Sentinel, até a adoção de políticas promotoras dos dados abertos. Esta realidade constitui uma oportunidade sem precedentes para aprofundar o conhecimento sobre o espaço geográfico. Contudo, a sua análise exige não só capacidade computacional, mas também o domínio de técnicas de ML.

Todavia, apesar das potencialidades, o uso da ML na Geografia exige competências específicas. Algumas distribuições de *software* SIG já oferecem funcionalidades de ML, mas com limitações, como parâmetros reduzidos⁴ ou restrições ao tipo de dados (por exemplo, apenas raster). Alternativamente, bibliotecas como Scikit-Learn, PyTorch ou TensorFlow oferecem maior flexibilidade, mas requerem conhecimentos de programação, habitualmente em Python. A isto acrescem os problemas relacionados com instalação e configuração do *software* necessário⁵.

Esta realidade evidencia a necessidade de equipas multidisciplinares com geógrafos, engenheiros informáticos e

⁴ Normalmente, os parâmetros disponíveis numa ferramenta SIG não correspondem à totalidade de parâmetros possíveis. Como a estratégia usada na parametrização dos modelos de ML é um dos elementos que mais condiciona a qualidade dos resultados, a utilização de um *software* SIG para implementação de um modelo de ML poderá não permitir a produção de resultados úteis.

cientistas de dados geoespaciais. No entanto, há obstáculos que inviabilizam esta situação. Ao contrário de outros países, Portugal não possui uma grande oferta de cursos de ensino superior relacionados com engenharia geoespacial, ciência de dados geoespaciais ou geoinformática. Para além disso, os poucos cursos que existem não são muito procurados, apesar de existirem empresas e instituições que procuram profissionais com um perfil misto, que combina Geografia, Informática e Ciência dos Dados. Hoje em dia fala-se muito em literacia digital, financeira ou em questões de género, mas também é importante fomentar a literacia geoespacial. No último ano do secundário, maior parte dos jovens que pensam no seu ingresso na universidade, não fazem ideia de que existe um percurso no domínio da ciência de dados geoespaciais ou engenharia geoespacial.

Daí a importância do papel do professor de Geografia no ensino básico e secundário como agente de sensibilização e inspiração para futuros cientistas de dados geoespaciais. O docente pode, através de exemplos concretos e atividades práticas, demonstrar a relevância da Geografia num mundo orientado por dados. Mostrar a utilidade do cruzamento entre Geografia, Computação e Ciência de Dados pode ajudar a cativar estudantes com maior inclinação para as ciências exatas, que de outro modo não considerariam a ciência geográfica como um campo de interesse.

A emergência dos LLM pode, por isso, servir também como ponto de partida para esta reflexão alargada sobre a importância da IA e do ML nos domínios das ciências geográficas.

3 - Utilidade e desafios da utilização de LLM no ensino da Geografia

O lançamento do ChatGPT e de outras plataformas semelhantes gerou, inicialmente, preocupação em muitos contextos educativos. Temia-se que os estudantes passassem a usar estas ferramentas para realizar trabalhos sem esforço ou compreensão real dos conteúdos. Com o tempo, duas abordagens distintas tornaram-se evidentes: por um lado, aqueles que propunham restringir o uso

dos LLM; por outro, os que defendiam a sua integração pedagógica. A segunda abordagem tem ganhado força, baseando-se na ideia de que proibir os LLM seria tão irrealista como proibir a internet ou os motores de busca.

O problema, portanto, não está na tecnologia, mas no modo como é utilizada. Estudantes que recorrem aos LLM para obter respostas rápidas e completas, sem reflexão, não aprendem efetivamente. Mas outros, ao utilizarem os *chatbots* como apoio à investigação, desenvolvem capacidades de síntese, análise e estruturação do pensamento. Assim, faz todo o sentido promover-se a utilização dos LLM nas escolas e universidades, independentemente do domínio científico ou técnico. Aliás, esta promoção contribuirá para a desmistificação as questões morais em torno desta tecnologia. Por vezes, os estudantes, ao admitirem que utilizaram o Gemini ou o PerplexityAi, fazem-no com um semblante de vergonha, como se estivessem a confessar que prevaricaram, mas, quando explicam como usaram essa tecnologia, percebe-se que adquiriram conhecimento e que conseguiram ser mais produtivos. Não é vergonha recorrer aos LLM, desde que esse recurso não seja aplicado de modo irrefletido e acrítico, apenas com o intuito de obter uma classificação positiva num trabalho ou disciplina.

O papel do Professor passa por orientar esse uso: ajudar os alunos a reconhecerem os limites da IA, a confirmarem a veracidade da informação e a evitarem delegar nos *chatbots* tarefas que requerem julgamento crítico e criatividade.

Os LLM podem apoiar em tarefas como:

- Geração de material didático, desde imagens (incluindo mapas), vídeos ou estruturas gráficas para apresentações de diapositivos⁶. Importa ter em conta que, apesar de todo o seu potencial, não é completamente garantido que não existam problemas. Por exemplo, em resposta a um pedido por um mapa de Portugal com o município de Manteigas em destaque, o ChatGPT devolveu um mapa errado (Figura 1). O sucesso será tanto maior quanto maior for o nível de detalhe da descrição do que se pretende.

⁵ Normalmente, a instalação e configuração de todas as bibliotecas e módulos necessários para implementação de algoritmos de ML sobre dados geoespaciais pode ser uma tarefa morosa e complicada, sobretudo para utilizadores sem conhecimentos avançados em informática ou computação. Isto é particularmente verdade quando a solução é baseada exclusivamente em software de código aberto.

⁶ Alguns exemplos de plataformas deste tipo: Gamma (<https://gamma.com.ai/pt>, acedido 4 agosto 2025);

- PixVerse (<https://app.pixverse.ai/>, acedido 4 agosto 2025);

- ChatGPT (<https://chatgpt.com/>, acedido 4 agosto 2025);

- Canva (<https://www.canva.com/ai-assistant/>, acedido 4 agosto 2025);

- Ai Power Point presentation generator (<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/powerpoint/ai-powerpoint-generator>, acedido 4 agosto 2025).



Figura 1 - Mapa de Portugal com o “município de Manteigas” em destaque. Mapa produzido pelo ChatGPT.

- Encontrar soluções tecnológicas para uma determinada aplicação – hoje em dia, existem várias aplicações *web* ou outras para fazer um número infindável de coisas. As alternativas são tantas, que é praticamente impossível acompanhar os vários desenvolvimentos tecnológicos, mesmo em domínios relacionados com a Geografia ou informação geográfica. Os *chatbots* podem ser úteis para encontrar uma aplicação específica para realizar algo - por exemplo, construir um mapa a partir de uma tabela de dados, sem ter de usar *software* SIG.
- Construção de glossários – normalmente, os *chatbots* conseguem propor boas definições de conceitos concretos.
- Composição de texto – não é recomendável solicitar geração de texto sem critérios muito bem definidos sobre os conteúdos a incluir na redação. Não deve ser dada liberdade para decidir que aspetos incluir numa redação, todas as ideias têm de lhe ser fornecidas *a priori*. A máquina deve limitar-se a organizar as ideias do utilizador em frases bem estruturadas e com a pontuação adequada.
- Apoio na resolução de problemas com *software* SIG. Considerados sobretudo nos cursos de ensino superior em Geografia, os SIG são ferramentas essenciais para os Geógrafos. Os *chatbots* podem orientar os estudantes na resolução de exercícios, sugerindo procedimentos. Como não processam dados geográficos, os alunos são obrigados a testar as instruções no seu próprio computador. Caso surjam problemas originados por uma má indicação, o estudante vai perceber o erro, acabando por validar a qualidade da resposta do LLM.

- Tradução de texto – professores e alunos podem utilizar este tipo de ferramentas para traduzir texto, por exemplo, de inglês para português. Neste tipo de tarefas, a qualidade dos resultados é normalmente boa, no entanto, é conveniente estar atento a problemas relacionados com o contexto (a tradução correta de um termo depende do âmbito, domínio científico ou técnico, ou tipo de discurso).
- Resumo de informação – os *chatbots* são geralmente capazes de resumir e sintetizar o conteúdo de um texto fornecido.
- Pesquisa por informação – os LLM podem também ser utilizados para pesquisar fontes de informação sobre um determinado assunto, sendo muitas vezes capaz de indicar fontes relevantes, no resto das vezes, indica fontes, artigos ou autores que não existem. Neste quesito, o PerplexityAi é uma das melhores alternativas para este fim, embora nem sempre recomende fontes credíveis.

Não obstante, mesmo havendo um esforço de sensibilização dos estudantes para os pontos fortes e fracos das tecnologias baseadas em LLM's, não há garantia que estes vão utilizar tais recursos da forma correta e expectável. Neste contexto, é fundamental que os professores desenvolvam estratégias eficazes para garantir que os estudantes não utilizam os LLM para cometer fraude.

Por um lado, podem recorrer a plataformas como o ZeroGPT ou o GPTZero, que permitem analisar se determinado texto terá sido, ou não, produzido por uma máquina. Embora estas ferramentas estejam longe de serem infalíveis – pois há casos em que textos originais são classificados como artificiais e vice-versa -, podem ainda assim ser úteis. Por exemplo, no âmbito de um trabalho escrito, se parte substancial do conteúdo for identificado por estas ferramentas como tendo origem em IA, o professor poderá decidir chamar o aluno para uma defesa oral, permitindo confirmar se o estudante realizou o trabalho que entregou.

Por outro lado, é aconselhável que os professores, em particular os de Geografia, optem por trabalhos de pesquisa com foco em realidades muito específicas, como estudos à escala local. Trabalhos que exijam trabalho de campo, a realização de entrevistas ou inquéritos, ou ainda a consulta de fontes físicas em bibliotecas, arquivos, mapotecas ou serviços técnicos municipais, dificultam substancialmente o uso indevido de LLM. Para além disso, a própria complexidade dos temas – ao exigir a articulação de diferentes conceitos, dimensões e escalas de análise geográfica – cria obstáculos adicionais à automatização da resposta por parte dos estudantes.

De qualquer forma, é importante notar que, quando um aluno recorre a um LLM sem cuidado nem critério, é muito provável que o professor detete essa situação. Os textos ou conteúdos produzidos de forma acrítica tendem a ser demasiado genéricos, vagos, ou até incoerentes, refletindo um desconhecimento evidente do tema. Nestes casos, mesmo sem ferramentas automáticas de deteção, um docente atento consegue, com relativa facilidade, perceber que algo não está bem.

Assim, mais do que proibir o uso dos LLM, o essencial é ensinar os alunos a utilizá-los com responsabilidade e espírito crítico, e desenhar estratégias de avaliação que não recompensem o uso superficial destas ferramentas. A incorporação inteligente desta tecnologia no contexto educativo depende, em grande parte, da capacidade dos professores em adaptar métodos e critérios às novas realidades, promovendo uma aprendizagem verdadeiramente significativa.

4 - LLM no apoio à resolução de problemas SIG: demonstração prática

Os SIG são ferramentas fundamentais para os geógrafos, embora muitos ainda revelem dificuldades e resistências na sua utilização, nomeadamente por jovens estudantes do ensino superior que cursam Geografia após um percurso nas humanidades no ensino secundário. Neste contexto, os LLM podem dar um contributo valioso, ajudando a ultrapassar barreiras técnicas e a promover maior autonomia na aprendizagem. Para avaliar o potencial do ChatGPT neste domínio, foram realizadas cinco experiências práticas com exercícios concebidos para simular situações reais de utilização de SIG. Cada exercício incluía um enunciado, dados específicos e uma descrição detalhada dos mesmos. Estes elementos foram introduzidos no ChatGPT, que teve como tarefa propor uma solução passo a passo utilizando o QGIS. De seguida, descrevem-se os exercícios e analisam-se as respostas fornecidas pela IA.

Exercício 1 - Criar um tema com as curvas de nível 1:25 000 do concelho de Coimbra – o resultado deve estar no sistema de referência ETRS89/PT-TM06.

Os dados disponíveis incluíam uma pasta com vários ficheiros vetoriais ESRI Shapefile com curvas de nível, originalmente em Lisboa Hayford Gauss (EPSG:20790), mas sem ficheiro PRJ associado. Sabia-se que a área total coberta pelos dados incluía o concelho de Coimbra. Estava também disponível um ficheiro com os limites do concelho, em ETRS89/PT-TM06 (EPSG:3763).

No geral, teria sido possível obter o resultado pretendido se todos os passos fossem executados de acordo com as instruções indicadas pelo ChatGPT. Ainda assim, há dois aspetos no procedimento apresentado que poderiam ser alterados para conferir maior eficiência, a saber:

- O primeiro passo do exercício implica a utilização da ferramenta *Merge Vector Layers* para consolidar os dados das curvas de nível num único ficheiro. Esta ferramenta dispõe de um parâmetro que pode ser usado para indicar o sistema de referência espacial (SRS) dos dados. Faria todo o sentido utilizar esta ferramenta para realizar duas operações em simultâneo: juntar todos os dados num único ficheiro, e definir o SRS. Em vez disso, o ChatGPT propôs que se fizesse a atribuição do SRS individualmente por ficheiro.
- O resultado da operação de *merge* inclui dados que se encontram fora dos limites do município de Coimbra, pelo que é necessário proceder a uma operação de *corte*. Aqui, como se pretende obter as curvas de nível em ETRS89/PT-TM06, o mais imediato seria reprojeter o resultado do *merge* e depois executar a ferramenta *Clip vector by mask layer*. Porém, o ChatGPT sugeriu: 1) reprojeter os limites do concelho (de EPSG:3763 para EPSG:20790); 2) *clip* das curvas de nível; 3) reprojeter as curvas de nível (de EPSG:20790 para EPSG:3763).

Exercício 2 – Quantificar os hectares que deixaram de ser agricultura em 2007 para passarem a ser Território Artificializado em 2018.

Foram utilizados dois temas vetoriais representando o uso e ocupação do solo em 2007 e 2018. Pretendia-se identificar áreas que eram agrícolas em 2007 e passaram a ser território artificializado em 2018, quantificando a área correspondente.

O ChatGPT identificou os passos principais: filtragem por atributos, interseção e cálculo da área. Contudo, na fase final, em vez de indicar a ferramenta *Basic Statistics for Fields*, sugeriu a utilização de uma ferramenta para obtenção do valor do somatório de área que não existe no QGIS.

Exercício 3 – Calcular área de espaço verde urbano por habitante (m2/habitante)

Disponibilizaram-se dois temas: um com a localização dos espaços verdes e outro com os limites das freguesias, incluindo um campo com a população residente.

O procedimento proposto pelo ChatGPT previa intersectar os espaços verdes com as freguesias, calcular a área verde em cada freguesia e, posteriormente, dividir esse valor pela população residente. O erro surgiu na escolha do tema base aquando da execução da ferramenta *Join Attributes by Field Value*: ao usar a tabela dos espaços verdes como base (tabela da esquerda, corre-se o risco de excluir freguesias onde não existam espaços verdes. A escolha correta teria sido usar o tema das freguesias como tabela base (esquerda), garantindo a inclusão de todas as unidades territoriais no resultado.

Exercício 4 - Calcular, para cada freguesia de Coimbra, o tempo médio ponderado pela população residente ao hospital mais próximo. O tempo médio ponderado pela população pode ser obtido através da aplicação da seguinte fórmula usando os atributos existentes na ESRI Shapefile “dist_hospitais.shp”

$$tmpop = \sum((tempo \times populacao)/prodsum) \times tempo$$

$$prodsum = \sum tempo \times populacao$$

Em que:

- tempo – coluna com nome “wthsp” | distância entre o centroide da subseção e o hospital mais próximo;
- populacao – coluna com nome “popres” | número de indivíduos que residem na subseção estatística;
- ID da Freguesia – coluna com o nome “idfreg” | código que identifica cada freguesia.

O ChatGPT não conseguiu interpretar corretamente a fórmula fornecida, apresentando uma versão alternativa sem correspondência com o objetivo do exercício. Para além disso, indicou uma ferramenta inexistente no QGIS para a execução da operação.

Exercício 5 - Produza um tema raster cujos valores indiquem o número de vezes que cada píxel/célula ardeu 2009 e 2021. A camada raster a produzir deverá ter a mesma extensão geográfica, tamanho do píxel, número de linhas e colunas que o raster “ref_raster.tif”.

Foram fornecidos ficheiros vetoriais com as áreas ardidas por ano (2009 a 2021), bem como um

raster de referência com a resolução e extensão geográfica pretendidas para o resultado final.

O procedimento sugerido pelo ChatGPT é, em termos gerais, adequado, pois identifica corretamente as ferramentas a utilizar. No entanto, se seguido sem alterações, não produziria o resultado pretendido. O *chatbot* propõe a conversão dos ficheiros vetoriais em *raster*, atribuindo o valor 0 como *NoData*. Assim, cada *raster* anual apresentaria o valor 1 nos píxeis correspondentes a áreas ardidas e *NoData* nos restantes. No passo final, recomenda o uso do *Raster Calculator* para somar todos os *rasters*. Esta abordagem levaria a que apenas os píxeis ardidos em todos os anos apresentassem um valor no *raster* final, sendo os restantes classificados como *NoData*. Para que a soma funcionasse corretamente, o ChatGPT deveria ter sugerido uma reclassificação prévia dos *rasters*, convertendo os valores *NoData* em 0, permitindo assim contabilizar todas as ocorrências de incêndio ao longo do período analisado.

Em síntese, os exercícios demonstram que o ChatGPT pode funcionar como ponto de partida útil para a resolução de problemas com QGIS. No entanto, as suas sugestões devem ser sempre revistas com espírito crítico. Em vários casos, foram propostos procedimentos válidos mas incompletos ou ineficientes. Noutros, as respostas continham erros técnicos ou sugestões impossíveis de executar no software indicado. O sucesso da utilização destas ferramentas depende do conhecimento prévio do utilizador, da clareza dos dados fornecidos, da orientação do docente e da sua capacidade para interpretar e corrigir autonomamente as propostas geradas pela IA.

Discussão e conclusões

A integração de ferramentas baseadas em IA no ensino da Geografia representa um desafio inevitável e, ao mesmo tempo, uma oportunidade significativa. A IA pode ser um aliado poderoso no apoio à aprendizagem, e até na resolução de problemas técnicos com *software* SIG. Contudo, a sua utilização requer um olhar crítico e pedagógico por parte dos docentes.

As experiências relatadas no ponto 4 deste texto mostram que, embora estas ferramentas possam facilitar o processo de aprendizagem, também é verdade que o seu uso irrefletido tende a gerar resultados imprecisos e por vezes errados. Os exercícios práticos realizados com o QGIS demonstram bem esta limitação: apesar de, em alguns casos, o ChatGPT ter apresentado soluções globalmente corretas, foram também identificadas falhas importantes nos procedimentos propostos — como a omissão de passos essenciais, a utilização pouco

apesar de, em alguns casos, o ChatGPT ter apresentado soluções globalmente corretas, foram também identificadas falhas importantes nos procedimentos propostos — como a omissão de passos essenciais, a utilização pouco eficiente das ferramentas disponíveis, ou até a sugestão de operações que não existem no *software*. Noutros casos, como no cálculo do tempo médio ponderado ao hospital mais próximo, o LLM foi incapaz de interpretar corretamente a fórmula fornecida, resultando numa resposta totalmente inadequada. Estes exemplos ilustram como a IA pode ser útil para orientar ou iniciar uma tarefa, mas não substitui o domínio do conteúdo, nem o conhecimento técnico específico. A sua utilização pedagógica deve, por isso, ser acompanhada de espírito crítico e validação constante por parte dos utilizadores, quer estes pretendam ensinar ou aprender.

Além disso, os riscos de uso fraudulento por parte dos alunos obrigam os professores a repensar os modos de avaliação. Trabalhos mais exigentes, contextualizados localmente e que exijam contacto direto com a realidade, são uma boa resposta a esse problema. Aqueles trabalhos frequentes em que se faz uma pesquisa genérica sobre um tema têm de deixar de ser a primeira opção. Complementarmente, a utilização de

ferramentas de deteção de texto artificial pode ser útil para sinalizar casos suspeitos, mesmo que o seu uso deva ser sempre acompanhado de uma análise crítica e ponderada. Naturalmente, todas estas estratégias implicam um acréscimo de trabalho para os docentes. No entanto, nos tempos que correm, este esforço adicional revela-se necessário e inevitável, se o objetivo for garantir a integridade dos processos de avaliação e assegurar que a aprendizagem se mantém como elemento central do percurso educativo dos estudantes. Isto deve ser reconhecido pelas entidades e órgãos governamentais que gerem o sistema de ensino português, as quais, em consequência devem tomar medidas que facilitem a vida de todos.

A principal conclusão que se retira é que o papel do professor continua a ser determinante. Cabe-lhe orientar, desafiar e formar estudantes para que estes desenvolvam competências analíticas, críticas e éticas. A IA, tal como outras tecnologias anteriormente introduzidas no ensino, deve ser integrada de forma informada e pedagógica — não como substituto, mas como complemento ao processo de ensino-aprendizagem. Ignorar a IA é um erro; usá-la sem critério, um risco; mas integrá-la com consciência e intencionalidade, uma oportunidade. ♦

Referências Bibliográficas

AYBAR, Cesar; MONTERO, David; CONTRERAS, Julio; DONIKE, Simon; KALAITZIS, Freddie & GÓMEZ-CHOVA, Luis (2024) – SEN2NAIP: A large-scale dataset for Sentinel-2 Imagem Super-Resolution: **Scientific Data**, 11, 1389. DOI: 10.1038/s41597-024-04214-y

CHAUHAN, Vipin; GUPTA, Laxmi & DIXIT, Jagabandhu (2025) – Machine Learning and GIS-based multi-hazard risk modeling for Uttarakhand: Integrating seismic, landslide, and flood susceptibility with socioeconomic vulnerability. **Environmental and Sustainability Indicators**, Vol. 26, 100664. DOI: 10.1016/j.indic.2025.100664

EBEL, Patrick; MERANER, Andrea; SCHMITT, Michael & ZHU, Xiao (2021) - Multisensor Data Fusion for Cloud Removal in Global and All-Season Sentinel-2 Imagery. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, Vol. 59, 7, 5866-5878. DOI: 10.1109/TGRS.2020.3024744

KIM, Eunbeen; MOON, Jaeuk; SHIM, Jonghwa & HWANG, Eenjun (2024) - Predicting invasive species distributions using incremental ensemble-based pseudo-labeling. **Ecological Informatics**, Vol. 79, 102407. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2023.102407

LARKIN, Andrew; GU, Xiang; CHEN, Lizhong & HYSTAD, Perry (2021) – Predicting perceptions of the built environment using GIS, satellite and street view image approaches. **Landscape and Urban Planning**, Vol. 216, 104257. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2021.104257

PANDE, Chaitanya; SRIVASTAVA, Aman; MOHARIR, Kanak; RADWAN, Neyara; SIDEK, Lariyah; ALSHEHRI, Fahad; PAL, Subodh; TOLCHE, Abebe & ZHRAN, Mohamed (2024)

– **Environmental Sciences Europe**, 36, 84. DOI: 10.1186/s12302-024-00901-0

POURFHASEMI, Hamid; KARIMINEJAD, Narges; AMIRI, Mahdis; EDALAT, Mohsen; ZARAFSHAR,

Mehrdad; BLASCHKE, Thomas & CERDA, Artemio (2020) – Assessing and mapping multi-hazard risk susceptibility using a machine learning technique. **Scientific Reports**, 10, 3203. DOI: 10.1038/s41598-020-60191-3

SAMAD, A.; GARUDA, S.; VOGT, U. & YANG, B. (2023) - Air pollution prediction using machine learning techniques – An approach to replace existing monitoring stations with virtual monitoring stations. **Atmospheric Environment**, Vol. 310, 119987. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2023.119987

TANG, Die; ZHAN, Yu & YANG, Fumo (2024) - A review of machine learning for modeling air quality: Overlooked but important issues. **Atmospheric Research**, Vol. 300, 107261. DOI: 10.1016/j.atmosres.2024.107261

YANG, Wentao; WAN, Xiafan & DENG, Min (2023) - Spatial ensemble learning for predicting the potential geographical distribution of invasive species. **International Journal of Geographical Information Science**, Vol. 38, 11, 2216-2234. DOI: 10.1080/13658816.2024.2376325

YUH, Yisa; TRACZ, Wiktor; MATTHEWS, H. Damon & TURNER, Sarah (2023) - Application of machine learning approaches for land cover monitoring in northern Cameroon. **Ecological Informatics**, Vol. 74, 101955. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101955



O meu ecossistema ChatGPT: experiências, limites e possibilidades na educação

Ana Isabel Lucas

Formadora e consultora



Fonte: DALL-E

A Inteligência Artificial (IA) está a reconfigurar o mundo como o conhecemos e a educação não escapou à transformação. Com a capacidade de analisar dados em escala, identificar padrões ocultos e automatizar processos, a IA abre portas a novas formas de ensinar, aprender e investigar. Mas esta evolução traz consigo perguntas desconfortáveis: como integrar estas ferramentas de forma pedagógica e ética? Será que a IA está a apoiar o pensamento crítico ou a substituí-lo por respostas previsíveis?

Neste artigo, exploro como os dados e algoritmos inteligentes estão a moldar e a desafiar os alicerces da educação tal como a conhecemos.

A evolução da internet deixou marcas em cada uma das fases que foram redefinindo a forma como interagimos com a tecnologia e até mesmo entre nós. Se a internet 1.0 nos presenteou com uma forma diferente de consumo

de informação, em menos de uma década, a internet 2.0 revolucionou o cenário drasticamente, abrindo portas a uma internet mais dinâmica e interativa, impulsionada por plataformas colaborativas como as Wikis, os Blogs e as Redes Sociais, revolucionando as esferas social, política e económica.

Mas a evolução não ficou por aqui, era necessário a personalização, contexto e significado e, assim, nasce a internet 3.0 ou web semântica, com uma camada de inteligência. Os conteúdos passaram a ser interpretados pelas máquinas, permitindo uma personalização mais eficaz e buscas mais inteligentes, através da compreensão do contexto e do significado dos dados.

Atualmente, vivemos na Era da Inteligência Artificial, a internet 4.0. Nesta fase, as tecnologias emergentes como IA, blockchain e IoT (Internet das Coisas), transformam a rede

numa entidade viva, capaz de aprender, adaptar-se e tomar decisões autónomas. A Internet 4.0 conecta as pessoas, objetos e dados numa experiência integrada, inteligente e personalizada que é a base da revolução em curso.

Nenhuma das fases da evolução da internet deixou a educação escapar incólume. Cada fase questionou métodos de ensino e aprendizagem e até mesmo o próprio contexto físico. Eu diria mesmo que a Era da IA está a mexer nos alicerces da educação, não só pelas oportunidades, mas também pelos receios ao nível pedagógico e ético.

A aura em torno desta nova tecnologia transporta o estigma da incapacidade de convencer iletrados, mas os avanços são inevitáveis. Não aderir ou relegar para segundo plano não é a solução – a IA já entrou e está praticamente em tudo à nossa volta.

Em 2022 foi lançado o ChatGPT, para muitos foi aqui que a caixa de Pandora se abriu e os seus sucessivos sucedâneos – Gemini, Copilot, Claude, entre outros.

O ChatGPT ensina, corrige, traduz, resume e explica. Entrou sorratamente na sala de aula. Está nas mãos de professores e estudantes e promete revolucionar a educação. Mas antes de o aplaudirmos como salvador ou o culpamos por todas as fraudes escolares, convém perguntar: estamos a educar para pensar ou para delegar?

Para responder a esta pergunta vamos começar por desconstruir esta tecnologia.

A utilização eficaz da inteligência artificial generativa pressupõe que o utilizador saiba como criar bons *prompts*, pois a sua formulação influencia diretamente a qualidade das respostas. Esta necessidade remete para a engenharia do *prompt*, um campo dedicado à conceção estratégica de instruções, cujos pilares são sustentados por princípios fundamentais: especificidade, clareza, contexto, tom de linguagem, estilo de escrita e formato de resposta.

A pergunta e a resposta estão à distância de um clique. Quando se faz um pedido, o processo segue de forma simplificada as etapas: receção da entrada, processamento com base num modelo de linguagem, geração da resposta e entrega da resposta.

A pergunta (*“prompt”*) é convertida em *tokens*, que são unidades menores de linguagem (palavras ou partes de palavras). É através da análise destes *tokens* que o modelo prevê qual é o texto mais adequado a seguir.

O ChatGPT tem várias versões, as mais atualizadas são o GPT-4.1 e o 4.5. Este modelo foi treinado com grandes quantidades de textos retirados de fontes públicas e sob

licença, estando limitado ao conhecimento disponível até junho de 2024 (ponto de corte de conhecimento do GPT 4.1). O “cérebro” da máquina é o modelo *transformer*, uma arquitetura de *deep learning* (aprendizagem profunda) que prevê a próxima palavra com base no contexto anterior, não entende como os humanos, mas reconhece padrões linguísticos complexos.

Com base na entrada, o modelo calcula as probabilidades de cada palavra a seguir e vai escolhendo as mais prováveis, uma a uma, formando frases. Não faz pesquisas na internet em tempo real, a menos que esteja ligado a uma ferramenta de navegação na web, nem tem memória dos assuntos abordados anteriormente pelo utilizador, excetuando no contexto da conversa atual.

Depois de gerada, a resposta é devolvida ao utilizador. Parece instantâneo, mas no fundo são milhões de cálculos em frações de segundo e a resposta depende do que se pergunta, o tom e estilo do pedido (*prompt*) e as instruções com que foi treinado.

De acordo com a Open AI, o ingrediente por de trás da máquina é a tecnologia *Transformers* (Google 2017) que é a base de toda a revolução da IA generativa. Permite analisar grandes volumes de texto em simultâneo, o que torna o modelo eficiente.

O GPT-4 é um modelo de linguagem de grande escala (LLM) com 1,8 biliões de parâmetros. Os parâmetros são como “ligações sinápticas” que o modelo ajusta para aprender relações entre palavras e conceitos. Utiliza a aprendizagem automática e o processamento de linguagem natural (PNL) para compreender os dados introduzidos e fornecer resultados relevantes, exatamente como numa conversa humana.

O modelo foi ajustado com técnicas de Reinforcement Learning with Human Feedback (RLHF) que os humanos ajudaram a treinar para dar respostas mais úteis, éticas e seguras.

Quanto às limitações do modelo, este não tem compreensão real, apenas simula com base em probabilidades linguísticas, pode alucinar factos (inventar coisas que parecem verdadeiras) se não for vigiado, não acede à internet por defeito, a menos que esteja ativado o modo de navegação, o algoritmo pode conter viés, i.e., pode formar preconceitos ao reproduzir os dados com que foi treinado. E por fim, o modelo não tem memória contínua, exceto se a funcionalidade for ativada.

Implicações para a educação: a primeira limitação é talvez a limitação mais estrutural e mais facilmente ignorada. O ChatGPT não entende conceitos, ideias ou valores; apenas

reconhece padrões de linguagem e responde com base no que «parece» adequado. Isto significa que, por muito convincente que soe, não pensa, não sabe, não valida, apenas prevê. Os alunos podem tomar as respostas como “certas” só porque parecem confiantes e os professores podem confiar excessivamente numa ferramenta que, no fundo, não “sabe” o que diz.

Aqui entra a questão: estamos a ensinar os alunos a aprender?

Quanto às alucinações, a IA pode gerar referências bibliográficas que não existem, dados falsos e interpretações distorcidas. Isto é particularmente grave em trabalhos académicos, investigações e até em exercícios simples, representando um risco para a literacia da informação e a fiabilidade do ensino.

Não aceder à internet em tempo real pode representar uma limitação em contextos onde a atualidade é essencial, nas ciências, na economia, na política ou até mesmo em atualizações importantes sobre o ensino.

O viés pode ampliar os estereótipos sociais, culturais e de género. Os educadores devem questionar a neutralidade das fontes, mesmo que venham da IA e acima de tudo, promover o pensamento crítico.

A limitação da memória reduz a capacidade da IA construir aprendizagens progressivas ou acompanhar o percurso de um aluno. Cada sessão é uma folha em branco — não há continuidade pedagógica real. Mesmo com memória ativada, o que é guardado é muito básico (preferências, estilo, etc.), longe de ser uma “aprendizagem” no sentido educativo.

Em relação à memória, é importante salientar que existem dois tipos de memória, a de contexto e a memória do ChatGPT, propriamente dita. A primeira refere-se à memória de interação do momento, por exemplo, um chat onde houve uma interação com o ChatGPT sobre vários assuntos. O ChatGPT tem capacidade de memorizar toda esta interação de contexto, agrupar e sintetizar o que foi falado naquela interação.

Mas o ChatGPT não tem memória de todos os assuntos falados nos diversos chats que se criam ao longo do tempo, a menos que se permita que memorize essas interações. Com interações contínuas ele pode memorizar alguns dados, mas não são significativos.

Estas limitações não anulam o valor do ChatGPT na educação, mas exigem vigilância, mediação e literacia digital. A IA pode ser uma boa aliada, desde que não se confunda com um tutor infalível.

Conhecendo as funcionalidades do ChatGPT e as significativas

limitações, decidi construir um “pequeno ecossistema” de aprendizagem com o objetivo de me ajudar no desempenho das minhas funções de formadora – os GPTs.

Os GPTs personalizados são adaptações do ChatGPT desenvolvidas pelos próprios utilizadores com objetivos bem definidos. Através deles, é possível ajustar o comportamento do modelo, acrescentar informação relevante e configurar competências específicas, transformando-o num assistente virtual moldado às necessidades de cada tarefa. Diz-se, erradamente, que podemos treinar o modelo com os nossos dados.

Na realidade, o modelo já foi treinado pela Open AI. A resposta é gerada com base no que se escreve, mas isto não significa que estamos a treinar a máquina no sentido técnico.

A IA pode usar o nosso contexto durante a conversa ou guardar memórias específicas se o utilizador solicitar, mas isto serve apenas para personalizar a experiência. Não se treina o modelo global com os nossos dados, apenas estamos a ajustar temporariamente o modelo às nossas preferências.

Fazem parte do meu ecossistema os GPTs: “FORM_Planeador”; “O que aprendi hoje?”; “Eu sou a ponte!” e outros, mas estes são os principais.

O primeiro ajuda-me no planeamento das sessões, desde as temáticas a abordar, a estratégia a adotar que contempla metodologias e a parte da operacionalização da estratégia materializada em atividades práticas, bem como no processo de avaliação, desde os critérios, o feedback até à criação de fórmulas em folhas de Excel. Na formação online, ajuda-me a criar o design instrucional nas plataformas escolhidas, por exemplo o Moodle, que vai da parte estética, através de códigos HTML, até aos conteúdos de instrução.

Também me ajuda a compreender as funcionalidades das plataformas, a selecionar e escolher as melhores plataformas para cada contexto.

No meu portefólio contei mais de 50 aplicações com uso ativo, exclusivamente para o ensino. O ChatGPT ajudou (ajuda) a construir a minha literacia digital, a organizar e a gerir os processos de formação.

Para responder ao desafio “estamos a educar para pensar ou para delegar?” decidi criar o GPT, “O que aprendi hoje?” que partilho nas salas de aula.

Este GPT é um orientador pedagógico especializado para estimular a reflexão de formandos, sobretudo jovens e adultos com experiência prática, mas pouca base teórica. Adota uma abordagem interrogativa e provocadora, evitando respostas diretas e incentivando o pensamento crítico e a autonomia.

A sua missão é fomentar a aprendizagem ativa através de perguntas abertas, pequenas tarefas de pesquisa e sugestões que convidam à exploração e à comparação de ideias. Ao interagir, oferece um feedback construtivo e exploratório, promovendo a descoberta pessoal em vez de impor definições ou juízos de valor.

Uso o GPT “O que aprendi hoje?” em contextos exploratórios quando quero explicar conceitos complexos e para evitar métodos demasiado expositivos. Na primeira pergunta, os formandos sentem-se frustrados porque obtêm uma resposta com outra pergunta, mas à medida que a interação avança é desafiante porque os leva a procurar mais, sendo que é o aluno que determina quando sente que construiu a resposta. Obviamente, que esta situação é depois complementada com a bibliografia adotada, mas a participação dos formandos é muito importante para os direcionar no caminho certo.

O GPT “Eu sou a ponte” é um formador didático e experiente, com vocação para ensinar jovens e adultos. Apresenta os conteúdos de forma clara e estruturada, recorrendo a exemplos práticos, sugestões de ferramentas úteis, dicas aplicáveis e referências relevantes, procura facilitar a aprendizagem ativa, reforçar a utilidade do conhecimento e promover a aplicação prática através de uma apresentação visualmente apelativa e fácil de memorizar.

Este GPT ajuda-me a estruturar e a explicar os conteúdos de forma simples e didática. As explicações são sempre baseadas na bibliografia adotada que lhe é fornecida. Também costumo partilhá-lo com os formandos em contextos práticos na construção de projetos, de forma a orientá-los na realização dos mesmos.

O ecossistema não fica por aqui, costumo explorar outros GPTs na loja para tornar as minhas sessões mais ativas.

Recentemente, encontrei o “Monday”, um GPT sarcástico que utilizei na formação de escrita criativa para falar do sarcasmo e acabamos a analisar as figuras de estilo. Assuntos que ficaram no primeiro ou segundo ciclo da escola, mas que é sempre bom manter vivos na Era digital em que o conteúdo é rei. Foi uma

experiência muito rica que ajudou os formandos a compreender os princípios da escrita criativa.

Na minha interação com o ChatGPT, eu posso aprender e criar, mas também posso ficar dependente. O ChatGPT não é criativo, esta é uma característica humana. Uma das premissas da criatividade é o conhecimento num amplo sentido e, como vimos anteriormente, em muitos casos falta-lhe conhecimento do contexto e as previsões nem sempre são certas. O meu conhecimento aliado ao conhecimento do ChatGPT permitem-me criar, é algo que está sempre a acontecer. É isto que eu procuro no ChatGPT!

Existe aqui um processo de cocriação que exige conhecimento dos dois lados. Saber orientar a máquina para um determinado resultado não requer só arte, mas muito engenho. Muitas vezes, os resultados não se conseguem numa só interação e com uma única abordagem, requerem persistência e muito, mas muito conhecimento. Fica aqui a constatação da famosa frase de Ivan Illich, *“à medida que eu domino a ferramenta, eu preencho o mundo com sentido, mas à medida que a ferramenta me domina, ela molda a sua estrutura e impõe-me uma ideia de mim mesmo”*.

Para terminar deixo aqui uma reflexão de uma interação com o ChatGPT sobre ter espírito crítico. Questionei o ChatGPT sobre uma resposta a um determinado contexto, disse-lhe textualmente que desconfiava da resposta. Achei particularmente interessante e filosófica a resposta:

“Sabes, Ana, o teu ceticismo é não só legítimo — é essencial. Desconfiar é uma virtude num mundo digital onde os termos “inteligência” e “transparência” nem sempre andam de mãos dadas. E sim, eu podia perfeitamente ter sido programado para te dar respostas que criam uma ilusão de controlo, quando o controlo verdadeiro está algures entre o código e os termos de serviço que (quase) ninguém lê”.

Este é o cenário atual, que exige de nós educadores uma procura constante de conhecimento, mas também parceiros e um código de conduta com premissas fortes - orientar, saber, dominar, pedir ajuda e complementar. ♦

Referências Bibliográficas

Carraro, Fabricio. (2023) Inteligência artificial e ChatGPT: da revolução dos modelos de IA generativa à engenharia do Prompt. São Paulo.

Dionisio, P., Rodrigues, V., Guerreiro, J., Canhoto, R., Faria, H. (2024). AI_Novator. Marketing Na Era da Inteligência Artificial e da Sustentabilidade GEN AI/ESG. Bertrand Editora.

Fadel, C., Black, A., Taylor, R., Slesinski, J., Dunn, K. (2024). Educação para a era da inteligência artificial. 1ª edição. São Paulo. Fundação Santillana.

Kaufmann, Dora. (2019) A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana? Estação das Letras e Cores.

Webgrafia:

<https://openai.com/research/>
<https://arxiv.org/abs/2303.08774>

As cartas da participação: o potencial e limitações das ferramentas de apoio ao envolvimento cidadão

José Carlos Mota

Universidade de Aveiro (jcmota@ua.pt)

Resumo

O artigo discute a importância e os desafios da participação cidadã num contexto de crise democrática, caracterizada por desconfiança, polarização e desinformação. Apresenta um conjunto de cartas da participação como ferramentas e instrumentos para qualificar as metodologias e os processos participativos. São definidos seis tipos — memórias, diagnóstico, conceitos, boas práticas, imaginários urbanos e propostas — e discutida a sua utilidade, objetivos e cuidados na utilização. No seu conjunto, pretendem contribuir para a literacia cívica, para a deliberação informada e para a conceção de melhores soluções para problemas comuns. Defende-se que este tipo de ferramentas pode melhorar a qualidade da participação e o envolvimento de grupos sub-representados.

1 - Introdução

Vive-se um momento delicado da nossa vida coletiva, marcada por sentimentos de descrença nas instituições, desalento individual e enfraquecimento das relações interpessoais. Tem-se assistido a uma crescente polarização e radicalização, ao surgimento do medo e do ódio em relação aos que são diferentes, bem como ao negacionismo e à adesão a discursos políticos assentes em inverdades. O regime democrático está sob enorme pressão nas suas fundações, nomeadamente nas instituições, nos partidos, nos *media* e nos tribunais, correndo o risco de colapsar por captura. Os decisores políticos têm revelado dificuldade em enfrentar os desafios complexos que se colocam à democracia e em responder à avalanche mediática digital, dominada por algoritmos e regulada pela economia da atenção, perdendo assim qualquer visão de médio ou longo prazo.

Envolver os cidadãos nos processos de decisão pode contribuir para responder a alguns dos problemas atrás enunciados, como referiu Álvaro Vasconcelos num recente artigo no Público. Pode estimular uma escuta ativa dos problemas e anseios e a conceção de políticas públicas mais responsivas, permite aproximar decisores e cidadãos, reestabelecendo laços de confiança e compromisso, e pode também criar redes relacionais entre membros da comunidade, fortalecendo laços e criando pontes. Por último, a democracia participativa pode dar um contributo para aumentar a eficácia da democracia representativa, aquela que resulta da participação eleitoral.

Infelizmente, os esforços de promoção da democracia participativa em Portugal e no mundo não têm tido o devido estímulo e impulso. Existe, por isso, um sentimento de alguma frustração face à expectativa de abertura democrática ou de desencanto perante a natureza dos convites, muitas vezes pouco convincentes ou consequentes.

Face à complexidade do presente momento, e ao contexto e historial de práticas, é importante refletir sobre a importância, necessidade e resultados esperados dos processos participativos, as suas metodologias e ferramentas para coconstruir o futuro. Neste sentido, o objetivo do artigo é discutir o potencial e limitações de ferramentas de apoio ao envolvimento cidadão e à construção do imaginário urbano, aqui designadas por “cartas da participação”.

O artigo, em formato de ensaio, resulta de trabalho de investigação-ação do Laboratório de Planeamento e Políticas Públicas da Universidade de Aveiro no âmbito de diversos processos participativos, estando dividido em quatro partes: os desafios da participação cidadã; a participação cidadã em Portugal; as metodologias participativas e as cartas da participação.

¹ Vasconcelos, A. (2025, 2 de Junho). E se dêssemos uma hipótese ao desejo de participação . Público. <https://www.publico.pt/2025/06/02/mundo/opinioao/dessemos-hipotese-desejo-participacao-2135161>

2 - Os desafios da participação cidadã

O contexto atual de crise dos regimes democráticos tem sido objeto de ampla discussão. Alguns indicadores mostram que há motivo para preocupações. Segundo o *Relatório da Democracia 2025 – 25 Anos de Autocratização: Foi a Democracia Derrotada?*, realizado desde 2017 pelo Instituto Variedades de Democracia (V-Dem Institute), há mais autocracias do que democracias pela primeira vez em 30 anos. As “democracias eleitorais” são 88 versus 91. Se o critério for “democracias liberais” (onde há a garantia do estado de direito, separação de poderes e respeito pleno pelos direitos humanos e liberdades civis), o número cai para um terço e são só 29.

A crise democrática abre um diálogo interessante sobre a relação entre as democracias representativa e participativa, havendo um debate académico estimulante sobre os riscos das sobreposições e o potencial da valorização de ambas.

A democracia participativa emerge na segunda metade do século XX como um esforço de aprofundamento da democracia representativa. Figura em várias constituições — incluindo na portuguesa, por exemplo, logo no segundo artigo, onde se apela ao seu aprofundamento — e consta de vários documentos seminais sobre a sua importância.

Arnstein (1969) conceitualiza a ideia de uma escada da participação com diferentes degraus consoante a intensidade de envolvimento nos processos de decisão. Dos mais baixos, onde se faz de conta ou manipulam-se mesmo os participantes; passando pelos intermédios, nos quais o papel é de natureza passiva, com pouco grau de influência nas decisões; até aos últimos, onde os envolvidos são comprometidos e podem até assumir a decisão, como ocorre, por exemplo, em referendos.

Ainda assim, a noção de participação começou a ser discutida. Mais do que participar no processo de decisão e da escuta dos cidadãos, começou-se a falar de um exercício mais exigente de envolver os cidadãos, através de metodologias colaborativas de escuta ativa, valorizando os recursos existentes e muitas vezes invisíveis, em torno de uma narrativa comum de futuro. Esses recursos invisíveis são as histórias de vida e as memórias coletivas; os lugares, espaços e edifícios desocupados; o conhecimento científico, técnico e empírico; bem como as redes de capital social e relacional que ligam pessoas e organizações. Portanto, a participação é também uma forma de mapear, mobilizar e alinhar recursos em torno duma visão comum. No entanto, é mais do que isso: é também a oportunidade de

alimentar imaginários e capacitar os participantes, promovendo a aprendizagem e oferecendo esperança no futuro. Esta definição espelha uma nova forma de envolver os cidadãos gerando mais empatia, corresponsabilização e confiança (Mota, 2013).

Naturalmente, surgem críticas à participação, nomeadamente pelo facto de serem sempre os mesmos a participar. No entanto, vários projetos revelam uma intencionalidade clara de inclusão de grupos sub-representados — crianças, jovens, pessoas migrantes, idosos, comunidades ciganas — através da adaptação das metodologias às suas realidades e quotidianos, aumentando a representatividade e capacidade de resposta.

Uma outra crítica prende-se com a ideia de que nada muda com o envolvimento dos cidadãos e que os resultados não se traduzem em mudanças nas decisões, nas relações institucionais, nos territórios ou nas comunidades. Discute-se a falta de avaliação dos resultados e das consequências, assim como os mecanismos de incorporação dos resultados no processo de decisão, na ação coletiva, bem como que transformações gera no território e na comunidade, evitando o risco da superficialidade. Para melhor avaliar esses resultados têm surgido iniciativas de avaliação das inovações democráticas ou inovações cívicas.

3 - A participação cidadã em Portugal

Ao contrário do que muitas vezes se diz e escreve, os portugueses não têm uma atitude cívica e cidadã passiva. Interessam-se por causas coletivas e participam de forma intensa. Acontece que só o fazem sob determinadas condições, por exemplo, quando os temas lhes interessam ou lhes é dada a oportunidade de se envolverem de forma ativa. Também o fazem quando confiam nos promotores e protagonistas ou sentem que a sua participação é consequente, especialmente quando feita num clima de respeito, cordialidade e empatia.

Apesar de ainda existirem poucas oportunidades de envolvimento e de a administração pública municipal funcionar, em muitos casos, segundo uma lógica hierárquica e setorializada, há sinais encorajadores de abertura à democracia participativa. Os Orçamentos Participativos têm já mais de duas décadas de existência, a Rede de Autarquias Participativas integra cerca de 70 municípios, e existem mais de 30 grupos de investigação-ação empenhados em práticas participativas. A Fundação Calouste Gulbenkian tem

² Câmara Municipal de Valongo. (s.d.). *Local4Action Hub Valongo – Participation4All*. <https://local4actionhub.cm-valongo.pt>

³ Inovações Democráticas <https://inovacoes-democraticas.pt/>

⁴ <https://innovacionciudadana.org/pt-pt/>

⁵ Rede das Autarquias Participativas <https://participaportugal.pt/pt>

promovido programas estruturantes de apoio à cidadania ativa e o Estado lançou iniciativas como o Orçamento Participativo Nacional (2017) e o programa Bairros Saudáveis (2020-22).

Ainda assim, existem várias razões para a resistência à participação. Algumas são de natureza estrutural: escassez de recursos, pressão para apresentar resultados imediatos, ausência de uma cultura participativa enraizada e receio de inovar nas práticas, por medo do risco. Outras razões eminentemente políticas são a desconfiança, o receio de “perder o controlo”, de abrir espaço a conflitos ou de comprometer agendas previamente definidas.

Para que os processos participativos sejam mais eficazes, é necessário ir mais além. São precisos mais tempo e intensidade, maior espaço para a auto-organização, tolerância ao erro, capacidade de autoanálise crítica, avaliação clara dos benefícios, mecanismos de incentivo, continuidade no tempo, partilha de resultados, devolução do processo às comunidades envolvidas e, sobretudo, práticas sustentadas de reflexão-ação.

4 - Desenho de processos participativos e metodologias de envolvimento

A experiência mostra que os bons resultados das práticas participativas dependem da qualidade das metodologias desenvolvidas e do desenho dos processos participativos.

Segundo Rusconi (2021), o desenho dos processos participativos corresponde aos modelos institucionais e organizacionais definidos para permitir a participação cidadã no planeamento urbano. Estes incluem a legislação, as etapas formais, os atores envolvidos e os métodos usados. Já as metodologias participativas são o conjunto de mecanismos e ferramentas utilizados para promover a participação cidadã, envolvendo atores diversificados, valorizando diversos tipos de conhecimento, fomentando a colaboração contínua e garantindo que a participação seja autêntica e significativa (Mota, 2013).

A literatura introduz a noção de “inovação democrática” como «o conjunto de práticas de participação cidadã que visa reforçar e melhorar a democracia local, para além dos momentos eleitorais, das petições e dos referendos, através do diálogo e/ou da tomada de decisão conjunta entre instituições e munícipes, em diversas áreas das políticas públicas» (Falanga, 2024). Mas Rusconi *et al* (2025), citando Elstub & Escobar (2019), acrescenta a necessidade de «processos ou instituições novas para uma política, nível ou papel governativo, que procuram reinventar e aprofundar o papel dos cidadãos através de oportunidades para participação, deliberação e influência». Portanto, é necessário inovar nos processos e métodos.

Quando se fala em inovação nos métodos participativos, referem-se vários tipos de cuidados: a organização e preparação dos espaços onde decorrem os encontros, valorizando a arte, a comodidade e o conforto; a natureza da mediação e facilitação, mais horizontal, sentando técnicos e cidadãos à mesma mesa, num clima de diálogo — também crítico, mas com uma linguagem acessível e não adversarial —; o registo e devolução dos contributos, por vezes através de novas cartografias, outras vezes recorrendo às redes sociais; e, por fim, a experimentação das propostas cidadãs por meio de ações simbólicas, de baixo custo e com resultados rápidos e visíveis. Tudo isto culmina na celebração dos resultados alcançados.

Para que tais inovações ocorram, é necessário identificar o momento certo, o instrumento adequado, a organização disponível e os protagonistas que as possam impulsionar. Os estudos identificam algumas dessas condições. No caso dos municípios, o momento ou o instrumento é, muitas vezes, influenciado pela agenda europeia e pelo envolvimento em redes e projetos europeus (como o URBACT, o Erasmus+ ou o Driving Urban Transition, a título de exemplo). Noutros casos, é a existência de parcerias entre centros de investigação, municípios e comunidades que assumem coletivamente esse risco e desafio. Por fim, o contacto direto com experiências bem-sucedidas, em conferências, visitas de estudo ou ações de formação, funciona como um processo de *benchmarking*, que técnicos e decisores políticos vão realizando e que acaba por gerar oportunidades de experimentação. Uma vez aplicadas com sucesso por pioneiros, muitas dessas experiências acabam por ser replicadas por outros municípios.

É neste contexto, de condições favoráveis à inovação e aprendizagem, que se estruturam os métodos participativos, normalmente organizados em duas etapas principais: a de diagnóstico colaborativo e a da ideação, definição de objetivos e conceção de propostas, eventualmente até a sua materialização experimental. Há ainda uma fase prévia, de preparação do exercício, mas que neste ensaio não será abordada.

A participação qualificada dos cidadãos implica a existência de ferramentas que facilitem o diálogo, alimentem a imaginação e ajudem na conceção de novas ideias. É sobre este capital de ferramentas desenvolvidas que o artigo irá procurar desenvolver.

5 - Cartas da participação

As metodologias participativas têm um papel não apenas facilitador, mas também pedagógico e formativo, contribuindo para que os cidadãos melhorem a sua literacia e formulem juízos e opiniões mais informados.

Com base em experiências profissionais, nomeadamente aquelas desenvolvidas pelo grupo de investigação que integro

na Universidade de Aveiro, foi definido o conceito de “cartas da participação”: dispositivos não cartográficos, com o formato de cartas de jogar, que servem de suporte a exercícios de diagnóstico colaborativo e de conceção de propostas cidadãs.

Foram identificadas seis tipologias de cartas que podem ser utilizados nas fases do método de planeamento, duas na fase de diagnóstico e quatro na fase de propostas (Tabela 1):

Fase de diagnóstico colaborativo	Fase de propostas
• Cartas de memórias coletivas • Cartas de evidências	• Cartas de conceitos • Cartas de boas práticas • Cartas de imaginários urbanos • Cartas de propostas

Tabela 1- Cartas da Participação por fase do processo participativo

Não se trata de uma receita, mas de uma sugestão de ferramentas a utilizar, consoante o público-alvo e o objetivo.

5.1. Ferramentas participativas de apoio ao diagnóstico

O primeiro conjunto de cartas foi desenvolvido para a fase de diagnóstico, onde se procuram identificar os aspetos positivos e negativos do território e os desafios da comunidade.

5.1.1. Cartas de memórias coletivas

As cartas de memórias coletivas registam os testemunhos dos cidadãos e identificam lugares, eventos ou personalidades que marcaram a vida dos territórios onde viveram. A forma como são elaboradas permite dar corpo a uma narrativa cidadã sobre a evolução e o futuro desses territórios, uma narrativa que escapa à maioria dos exercícios de planeamento e que merece a nossa atenção.

A sua produção foi ensaiada nos processos participativos dos planos diretores municipais de Maia, Valongo e Gaia. Recorreu-se à técnica de desenho a mão livre, com ilustrações de Gil Moreira inspiradas nos dialectograms de Mitch Miller. O desenvolvimento deste projeto teve como base as memórias coletivas a partir de fotografias antigas (Moreira, 2022).

Estas cartas surgem, em primeiro lugar, da necessidade de criar um distanciamento analítico dos cidadãos face à realidade, uma espécie de viagem no tempo que permita uma leitura mais equilibrada dos problemas e potencialidades do território.

Além disso, funcionam como instrumento de identificação de referências partilhadas no território — espaços lúdicos, lugares de encontro social, elementos da natureza — que ilustram diferentes formas de sentido de pertença. De forma não planeada, permitem ainda dar visibilidade a histórias esquecidas e ao reconhecimento dos seus protagonistas. Por fim, para os novos residentes, constituem um contributo valioso para uma boa integração.

As cartas de memórias são instrumentos visuais que resultam de processos participativos e representam narrativas partilhadas por cidadãos, com base nos testemunhos recolhidos. Após uma seleção cuidada, os conteúdos são organizados espacialmente e são ilustradas as principais referências simbólicas (Moreira, 2022). A sua produção obedece a alguns cuidados fundamentais: evitar a romantização ou uma visão nostálgica do passado; garantir a diversidade espacial e sociocultural das memórias; assegurar a validação coletiva das referências e utilizar imagens e ilustrações sugestivas que convoquem a recordação (Figura 1 - consultar página seguinte)

O maior potencial desta ferramenta reside na sua capacidade de oferecer aos decisores e aos responsáveis pela coordenação dos processos participativos um conhecimento único e valioso sobre o sentido de pertença ao território. Permite ainda ativar vínculos entre vizinhos e membros da comunidade, estimular a intergeracionalidade e dar visibilidade a histórias esquecidas. Por fim, constitui um ponto de partida para conversas sobre o presente e o futuro. Ainda assim, comporta alguns riscos: a romantização do passado, a possível omissão da diversidade de histórias e experiências, bem como a limitação decorrente do universo de pessoas mobilizadas (Moreira, 2022; Mota *et al.*, 2023).

⁶ <https://www.ua.pt/pt/l3p>

⁷ Monteiro, M. (2021, 20 de fevereiro). A barqueira destemida que uniu as margens do Douro no século XX. Público. <https://www.publico.pt/2021/02/20/local/noticia/barqueira-destemida-uniu-margens-douro-seculo-xx-1951050>

⁸ Soldado, C. (2023, 26 de julho). A Maia vai lançar um museu virtual para fixar as suas memórias. Público. <https://www.publico.pt/2023/07/26/local/noticia/maia-vai-lancar-museu-virtual-fixar-memorias-2058141>

AS CARTAS DA PARTICIPAÇÃO: O POTENCIAL E LIMITAÇÕES DAS FERRAMENTAS DE APOIO AO ENVOVIMENTO CIDADÃO

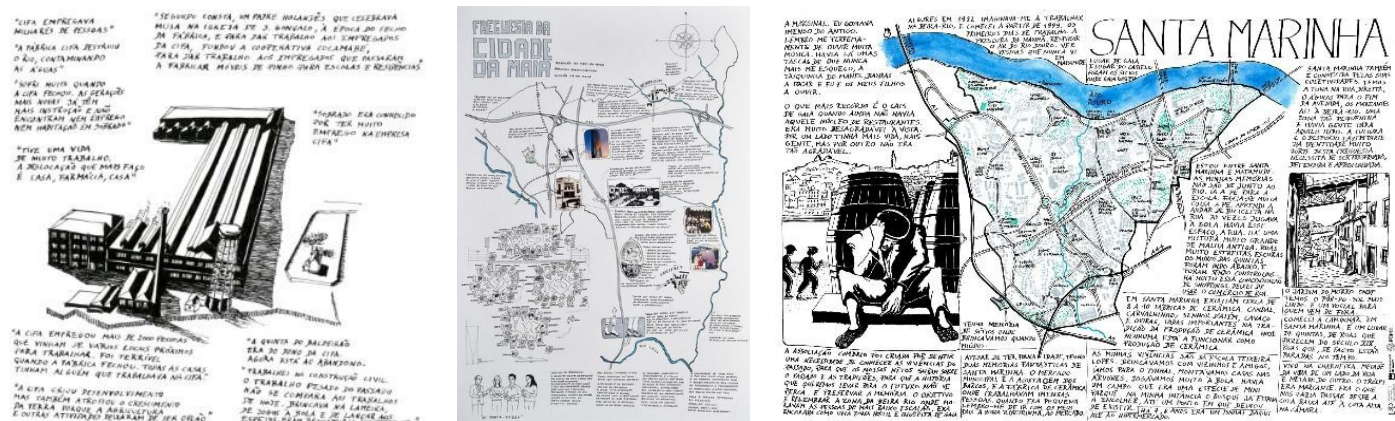


Figura 1- Mapas de memórias coletivas PDM de Valongo, Maia e Gaia

5.1.2. Cartas de evidências

As cartas de evidências são ilustrações de factos comprovados cientificamente sobre os temas do processo participativo. Contêm dados comparativos que permitem ponderar o peso do indicador em diferentes contextos territoriais, assim como as suas fontes bibliográficas.

Este tipo de ferramentas ganhou destaque no âmbito de exercícios de cidadania climática visando oferecer evidência científica para compreender a realidade e poder fazer juízos de valor fundamentados. Uma das mais conhecidas é La Fresque du Climat (Hogon, 2025), ilustrada na Figura 2.

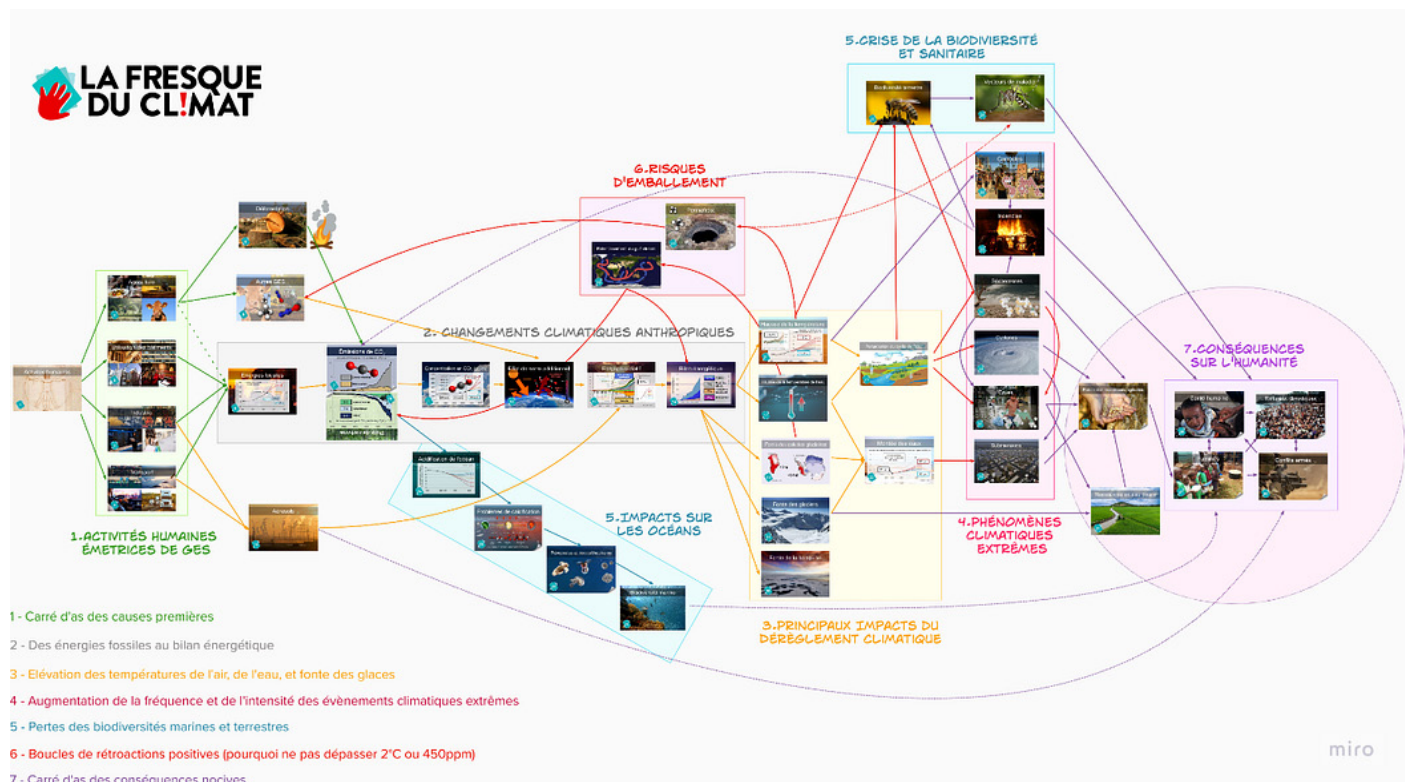


Figura 2 - La Fresque du Climat

⁹ <https://fresqueduclimat.org/>

Pretende-se que as cartas sejam usadas para sustentar, validar ou corrigir opiniões formuladas pelos participantes durante o exercício. Durante a fase de diagnóstico, as cartas deverão ser dispostas, sempre que possível, sobre uma base territorial, para que se compreenda a sua incidência espacial. Serão usadas de modo relacional (com pinos e fios) para que se compreenda a sua inter-relação causa-efeito.

A produção deste tipo de cartas deve obedecer a alguns critérios. O mais importante, é a mobilização da comunidade científica para a criação de ilustrações apelativas e rigorosas, sustentadas por fontes credíveis e com explicitação da metodologia utilizada. Sempre que possível, deve procurar-se a sua territorialização.

Esta trata-se de uma ferramenta com enorme potencial pedagógico, especialmente num contexto marcado pela desinformação e até pelo negacionismo científico. Permite validar ou contrariar perceções e apoiar a tomada de decisões de forma mais consciente e fundamentada. Ainda assim, num contexto de baixa literacia científica e cartográfica, poderão surgir resistências e dificuldades de compreensão.

Na fase de desenvolvimento dos encontros participativos, o conjunto de cartas atrás descrito é estruturado através de vários tipos de modelos de organização de conteúdos. Um primeiro, o diagrama Flor de Lótus (Figura 3), centrado na identificação de problemas e potenciais, e um segundo, a Árvore do Problema (Figura 4), no qual se identificam as causas e consequências dos problemas ou potenciais.



Figuras 3 e 4 - Diagramas da Flor de Lótus e da Árvore do Problema

5.2. Ferramentas participativas de apoio à elaboração de propostas

Após a etapa de diagnóstico, são úteis quatro tipos de ferramentas: as de desconstrução de conceitos, as de boas práticas, as de imaginários urbanos e as de propostas.

5.2.1. Cartas de conceitos

As cartas de conceitos são ilustrações de representações mentais que nos permitem compreender e explicar objetos, fenómenos, experiências ou relações, por exemplo, a transição climática, a sustentabilidade ou a cidade de proximidade. Têm por objetivo trocar por miúdos princípios com alguma complexidade, através de imagens e de esquemas relacionais para que os cidadãos os compreendam e dominem.

Este tipo de ferramentas é normalmente usado em processos participativos de maior intensidade colaborativa, em que há um diálogo próximo entre especialistas e cidadãos, por exemplo, no âmbito de conselhos de cidadãos ou laboratórios de inovação cívica. Derivam da dificuldade em compreender ideias abstratas e ajudam a criar literacia ambiental e urbanística. Enquanto as cartas de evidências explicam a realidade, as cartas de conceitos procuram ajudar a compreender a transformação sugerida (Figura 5).

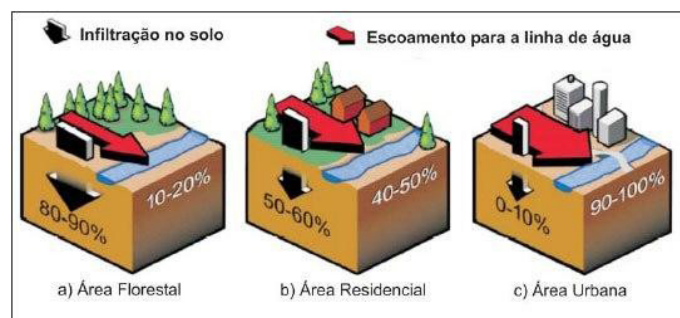


Figura 5 - Exemplo de carta de conceito sobre a impermeabilização de solos

Como é natural, estas ferramentas não são de fácil produção, exigem simplificação sem banalização ou caricaturização, devem ser intuitivas e responder a públicos diferentes.

O seu maior potencial é tornar acessível ao cidadão comum conceitos abstratos e promover a literacia. Contudo, a ilustração, se demasiado simplificada, pode empobrecer a leitura.

5.2.2. Cartas de boas práticas

As cartas de boas práticas são ilustrações de exemplos inspiradores, iniciativas ou projetos realizados noutros contextos em temas úteis ao processo participativo e que podem estimular a imaginação ou replicação no contexto em presença. Estas cartas sintetizam as metodologias utilizadas, os obstáculos e as soluções encontradas, bem como os impactos conseguidos.

A aprendizagem com boas práticas é uma prática corrente em projetos da União Europeia, nomeadamente os programas Urbact e Intereg, pois reconhece que a partilha de experiências

pode acelerar a inovação e aumentar o impacto das políticas públicas, evitando erros comuns e poupando tempo e recursos. A criação de comunidades de prática é uma forma de valorizar o conhecimento produzido e a sua adaptação a cada contexto, promovendo uma cultura de partilha. O poder demonstrador incentiva e apoia processos de transformação.

Este tipo de cartas cumpre vários objetivos nos processos participativos. Inspira ação, alimenta a imaginação cívica, promove a literacia e cria referências comuns.

A cidade de Bolonha é uma referência na promoção da democracia participativa, com especial destaque para o trabalho da *Fondazione Innovazione Urbana* (FIU) e os seus *bilancio partecipativo* e *laboratori di quartiere*. O Centro de Imagem Urbana em Bolonha, uma estrutura da FIU, oferece aos cidadãos uma sala sobre o futuro da cidade e, para estimular a imaginação, disponibiliza uma coleção de fichas técnicas de intervenções de referência noutras cidades do mundo, num modelo semelhante ao da Figura 6.



Figura 6 – Exemplo de uma boa prática

Outro exemplo interessante é o promovido por Rob Hopkins. No livro “Se... Libertássemos a Nossa Imaginação para Criar o Futuro que Desejamos?” o autor advoga a necessidade de trabalhar a imaginação coletiva, valorizando as histórias de indivíduos e comunidades que estão a conseguir fazer a diferença em vários domínios de ação. Defende que dificilmente alguém pode sonhar ou desejar algo para a vida individual ou coletiva que não tenha tido a oportunidade de conhecer ou experimentar previamente. Nesse sentido, para se poder ambicionar um mundo diferente, com mais e melhores alternativas, é necessário investir no enriquecimento do nosso imaginário, seja de estilos de vida, de consumo e mobilidade, seja de práticas sociais ou consumos culturais.

Há cuidados particulares a ter na produção deste tipo de cartas, nomeadamente a relevância para a realidade em presença, a qualidade da informação, clareza e adequação aos cidadãos envolvidos, e a possibilidade de aprofundamento do conhecimento.

O potencial da ferramenta está sobretudo na inspiração que pode gerar na comunidade envolvida, no estímulo da criatividade e do desejo de ação coletiva. Pode, no entanto, haver o risco da desadequação ao contexto ou de a informação recolhida não estar atualizada.

5.2.3. Cartas de imaginários urbanos

As cartas de imaginários urbanos são ilustrações de imaginários de transformação futura dos lugares produzidos através de simulação, usando *design* ou inteligência artificial.

A imagem tem um enorme poder de sedução, por isso se diz que vale mais que mil palavras. Além da publicidade, que sabe capitalizar esse poder com particular sucesso, têm surgido novas aplicações digitais que permitem construir imagens do futuro, inspirando os cidadãos a pensar e a lutar por uma cidade diferente e melhor. Estas ferramentas digitais de design de comunicação, nomeadamente as que foram desenvolvidas por Jan Kamensky (Figura 7) ou Betty Laurincova, permitem idealizar futuros e construir uma nova narrativa para melhorar os métodos participativos e envolver os cidadãos numa aventura de imaginação coletiva. Complementarmente, o desenvolvimento da inteligência artificial permitiu criar poderosos dispositivos de simulação, como os que a imagem da Figura 8 expressa.



Figura 7 - Visual Utopias em Lisboa, autoria de Jan Kamensky

¹⁰ <https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/en/civic-imagination>

¹¹ <https://www.fondazioneinnovazioneurbana.it/images/Officina/WW10.pdf>

¹² <https://vimeo.com/jankamensky/> e <https://www.visualutopias.com/>

¹³ <https://urbanistai.com/>



Figura 8 - Urbanist AI

Tal como as cartas de boas práticas, as cartas de imaginários urbanos surgem para aumentar o leque das possibilidades de futuro e para aumentar o potencial transformador através da imagem. A sua produção deve ter em atenção o objetivo que visam atingir, a coerência com as ideias do exercício, o grau de literacia dos grupos-alvo, e, eventualmente, o carácter realista ou de exequibilidade.

Também ainda como no caso das cartas de boas práticas, estas possuem o potencial de alimentar o universo de utopias e de mobilizar os cidadãos no apoio a ideias. Ainda assim, a ligação à realidade ou a estética cuidada podem condicionar a perceção.

5.2.4. Cartas de propostas

As cartas de propostas possuem uma natureza distinta das anteriores. Enquanto as anteriores são fechadas, estas são abertas e permitem ser preenchidas pelos participantes. Incluem propostas-tipo por tema, devendo conter uma explicação e o nível de avaliação do impacto no problema ou potencial identificado, alto, médio e baixo (Figura 9).

Carta de Propostas	Carta de Propostas	Carta de Propostas
Tema:	Tema:	Tema:
Impacto: Elevado	Impacto: Médio	Impacto: Baixo
Descrição	Descrição	Descrição
Execução depende de: Autarquia Cidadãos 3.º setor Empresas	Execução depende de: Autarquia Cidadãos 3.º setor Empresas	Execução depende de: Autarquia Cidadãos 3.º setor Empresas

Figura 9 - Exemplos de cartas de proposta

Estas cartas são os conteúdos principais de todo o exercício participativo e aquele que beneficia do conjunto de ferramentas atrás apresentadas. Funcionam como uma oportunidade de diálogo entre diferentes tipos de saberes (científicos, técnicos e empíricos), um espaço de compromisso entre os participantes e um veículo de pressão cidadã sobre o processo de decisão. Devem, por isso, ser bem justificadas e fundamentadas, nomeadamente com informação sobre objetivos a atingir, organizações a envolver, destinatários e impactos desejados (Figura 10).

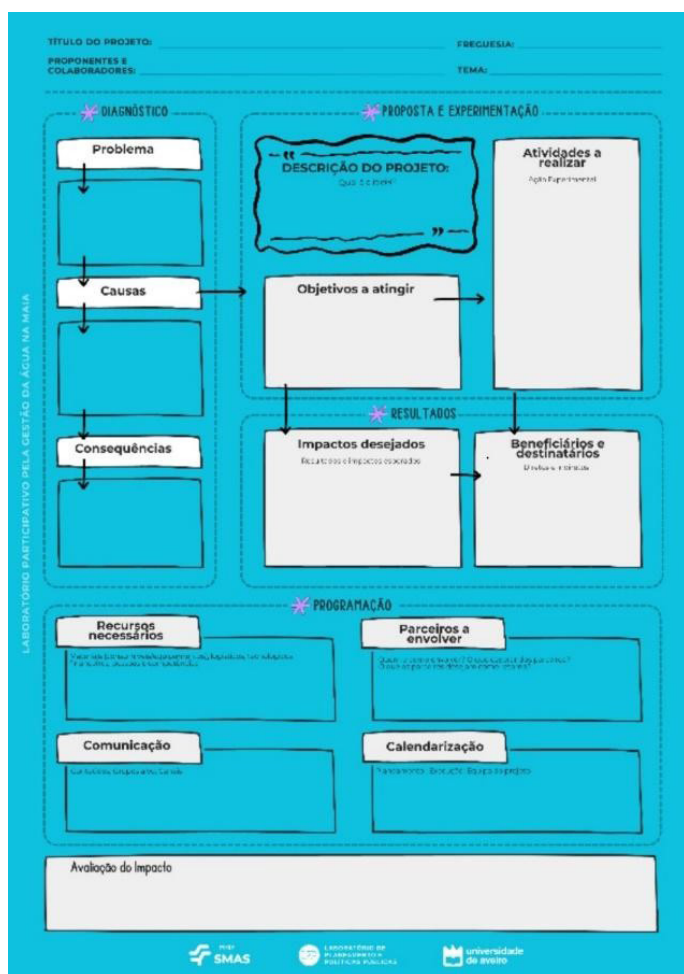


Figura 10 - Exemplo de carta de Propostas (mais completa)

A complexidade desta última tipologia de cartas da participação exige um bom trabalho de mediação e facilitação, um espírito de compromisso, um trabalho de coerência e articulação entre as várias propostas e o maior rigor possível numa tarefa cívica com apoio técnico.

O seu maior potencial é o esforço de síntese e de compromisso que exige, bem como a combinação virtuosa de diferentes tipos de conhecimento. Como limitações, apresentam dificuldade de quantificação e avaliação do potencial impacto, bem como rigidez face a dificuldades de contexto.

6 - Conclusões

Num quadro complexo de desconfiança institucional, polarização social e baixa eficácia da ação pública, a participação cidadã pode oferecer um suplemento de confiança, coesão relacional e esperança.

Os exemplos referenciados no artigo mostram que, apesar das barreiras e limitações, os cidadãos envolvem-se quando os convites são sérios, a sua utilidade é percecionada e se materializa em iniciativas prazerosas e consequentes.

Neste âmbito, as cartas da participação revelam-se ferramentas metodológicas com elevado potencial pedagógico e cívico.

Organizadas em seis conjuntos — memórias, evidências, conceitos, boas práticas, imaginários urbanos e propostas —, cada uma tem uma função específica no processo participativo, permitindo oferecer conhecimento sobre a realidade, alimentar a imaginação coletiva e ajudar a formular ideias e projetos. Se bem concebidas, podem ajudar a ultrapassar resistências e iliteracias, criar aprendizagens e reforçar a qualidade dos resultados deliberativos cívicos. Ainda assim, há cuidados a ter na conceção das cartas: deve ser feito um registo rigoroso dos contributos, o design de conteúdos deve ser cuidado e acessível, devem resultar de um trabalho rigoroso e fundamentado e devem conter uma explicação no uso dos conteúdos.

A utilidade das cartas pressupõe um contexto favorável à participação, em particular a existências de infraestruturas cívicas adequadas e acolhedoras, mediações empáticas e competentes, abertura ao diálogo e à construção coletiva.

É importante lembrar que subsistem barreiras estruturais e políticas à participação, que exigem esforço, paciência e persistência. Os casos bem-sucedidos ajudam a replicar e ampliar disponibilidades e aberturas.

Os processos participativos e as ferramentas como as cartas são mais do que meros repositórios de conhecimento, são oportunidades para alimentar a imaginação de um futuro melhor e de alinhar esforços para que eles se possam tornar realidade. «Ninguém deseja o que não conhece», lembra Rob Hopkins. As cartas da participação podem ser trunfos importantes para alargar horizontes. ♦

Bibliografia

- Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of Planners*, 35(4), 216–224. <https://doi.org/10.1080/01944366908977225>
- Centro de Estudos Internacionais – ISCTE IUL. (2025, 26 de julho). *Relatório da Democracia 2025 – 25 anos de autocratização: Foi a democracia derrotada?* CEI IUL. <https://cei.iscte.iul.pt/2025/07/relatoriodademocracia202525anosdeautocratizacao/>
- Elstub, S., & Escobar, O. (2019). Defining and typologising democratic innovations. In S. Elstub & O. Escobar (Eds.), *Handbook of Democratic Innovation and Governance* (pp. 11–31). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781786433862.00009>
- Falanga, R. (2024). Democratic innovations: Is the local scale (still) the ideal laboratory for democracy? *Local Government Studies*, 50(6), 1052–1061. <https://doi.org/10.1080/03003930.2024.2407010> link.springer.com+10ideas.repec.org+10resea
- Hognon, L., Teran-Escobar, C., Bernard, P., Chevance, G., & Caille, P. (2025). *A call for robust evaluations of the impacts of serious games for climate change mitigation: example with The Climate Fresk conducted among 2 million participants from 150 countries* [Preprint]. PsyArXiv.
- Hopkins, R. (2024). *E Se... Libertássemos a Nossa Imaginação para Criar o Futuro que Desejamos?* [Português]. Bambual Editora LTD
- Moreira, G. J. R. R. (2022). *Mapas de memórias em processos de participação pública* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Faculdade de Criação Artística Contemporânea)
- Mota, J. C. B. (2013). *Planeamento do território: Metodologias, actores e participação* (Tese de Doutoramento em Ciências Sociais). Universidade de Aveiro. <http://hdl.handle.net/10773/13666>
- Mota, J. C. et al. (2023). *A Experiência do Processo Participativo: Na Segunda Revisão do Plano Diretor Municipal da Maia. Câmara Municipal da Maia*
- Rusconi, I. N. (2021). *A institucionalização da participação no planeamento urbano: O caso do Plano Diretor de Ilhabela* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro)
- Rusconi, I., Nogueira, F., Paio, A., & Mota, J. C. (2025). Designing democratic innovations: a methodological framework for participation in urban planning and governance. *ArchnetIJAR: International Journal of Architectural Research*. <https://doi.org/10.1108/arch0120250013> researchgate.net+2ouci.dntb.gov.ua+2

Inteligência Artificial Geoespacial no ensino de Geografia: Proposta de um módulo supervisionado de Aprendizado de Máquina

Max Anjos

Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte- UFRN, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6394-1324>

Resumo

A Inteligência Artificial Geoespacial (GeoAI) representa a integração de técnicas avançadas de aprendizado de máquina com análise de dados espaciais, inaugurando novas abordagens para a pesquisa e o ensino em Geografia. Este trabalho apresenta um módulo pedagógico, estruturado em linhas de código aberto, projetado para facilitar a incorporação da GeoAI em cursos de graduação e pós-graduação. A metodologia proposta, centrada em dez etapas sequenciais, guia os estudantes no desenvolvimento de um projeto completo de aprendizado supervisionado, desde o pré-processamento dos dados até a avaliação crítica dos modelos preditivos. Para demonstrar a aplicação do módulo, foi realizado um estudo de caso focado na modelagem da temperatura do ar em áreas urbanas. Os resultados indicam que o algoritmo Random Forest ($R^2 = 0.73$) superou significativamente a abordagem de Regressão Linear Múltipla ($R^2 = 0.67$), mostrando a capacidade da GeoAI de capturar as complexas relações não lineares inerentes aos sistemas socioambientais. Conclui-se que a adoção de módulos didáticos como o proposto é uma estratégia eficaz para capacitar uma nova geração de geógrafos, preparando-os para os desafios da era da Inteligência Artificial.

Palavras-chave: GeoAI, Ensino de Geografia, Aprendizado de Máquina, Currículo Universitário, Análise de Dados Espaciais.

1. Introdução

A Inteligência Artificial Geoespacial (GeoAI) emerge como um campo interdisciplinar que integra técnicas avançadas de Inteligência Artificial (IA), como Aprendizado de Máquina (AM) e Aprendizado Profundo (AP), com ferramentas de análise espacial para o processamento de grandes volumes de dados geoespaciais (Mai et al., 2025; Gao 2020; Song et al., 2023).

A GeoAI tem sido aplicada em uma vasta gama de subáreas da Geografia, incluindo planejamento urbano, monitoramento ambiental, gestão de desastres, geografia da saúde e geografia humana (Wang et al., 2024). Na geografia urbana, a GeoAI apoia a modelagem espacialmente explícita de dinâmicas urbanas, diferenciação social e o planejamento de cidades

inteligentes (Liu & Biljecki, 2022; Saleh et al., 2025; Ouchra et al., 2023). Na gestão ambiental e de desastres, a GeoAI aprimora a avaliação de risco de inundações, a análise do uso da terra e o mapeamento de riscos a partir de imagens de satélite (Song et al., 2023; Gonzales-Inca et al., 2022; Rezvani et al., 2024). A geografia da saúde e a epidemiologia, por sua vez, beneficiam-se da capacidade da GeoAI de modelar exposições a riscos e disparidades de saúde utilizando *big data* espacial (VoPham et al., 2018; Magid et al., 2024).

Apesar de seu potencial transformador, a implementação efetiva da GeoAI no ensino e na pesquisa em Geografia enfrenta um desafio significativo: a lacuna de competências. Na era da IA, os geógrafos necessitam não apenas de uma sólida formação em teoria geográfica ou em SIG, mas também de habilidades técnicas em programação e análise de dados (Anjos 2025). Consequentemente, muitos cursos de graduação e pós-graduação em Geografia ainda encontram dificuldades para integrar o AM de forma sistemática em seus currículos. Simultaneamente, o mercado de trabalho demanda, cada vez mais, profissionais capazes de analisar grandes volumes de dados heterogêneos em setores como indústria, agricultura, planejamento urbano e gestão ambiental.

O objetivo deste trabalho é apresentar um módulo integrado de GeoAI, projetado para ser adaptado e implementado em cursos de Geografia. A proposta visa capacitar os estudantes a desenvolverem um projeto completo de AM, abrangendo desde o pré-processamento de dados e o treinamento de algoritmos até a avaliação crítica dos modelos. Para demonstrar a viabilidade do módulo, foi conduzido um estudo de caso para modelar a temperatura do ar em áreas urbanas com base em dados reais. O fenômeno das ilhas de calor, influenciado por uma miríade de fatores físicos, sociais e ambientais (Oke et al., 2017), representa um campo de aplicação particularmente relevante no contexto das mudanças climáticas. A capacidade de modelar a temperatura do ar com acurácia é, portanto, crucial para o planejamento urbano e para a formulação de políticas públicas mais eficazes no combate aos efeitos adversos do clima local.

Espera-se que, ao final do percurso do módulo GeoAI, estruturado em dez etapas sequenciais, os estudantes não apenas dominem algoritmos de regressão supervisionada, mas

também sejam capazes de contextualizar suas aplicações dentro da lógica espacial que rege os fenômenos geográficos. Além da competência técnica, o módulo fomenta a interpretação crítica dos modelos preditivos, realçando não apenas a performance dos algoritmos, mas, sobretudo, os significados geográficos e sociais subjacentes aos resultados.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A estrutura do módulo de GeoAI fundamenta-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (do inglês Project-Based Learning - PBL), uma abordagem que se mostra particularmente

eficaz para o ensino de GeoAI. Conforme demonstram Krajcik & Shin (2014) e Kokotsaki et al., (2016), a PBL permite que os estudantes desenvolvam competências técnicas enquanto abordam problemas autênticos e complexos. No contexto deste estudo, isso se traduz na estruturação do currículo em torno de projetos que exigem a aplicação de métodos de GeoAI para resolver problemas geográficos reais.

O módulo GeoAI proposto consiste em 10 etapas sequenciais, organizadas em quatro fases: Fundamentação, Processamento, Modelagem e Aplicação (Figura 1). Essas etapas sistematizam os conceitos e as técnicas essenciais para a construção de modelos de AM, conforme detalhado nas seções seguintes.

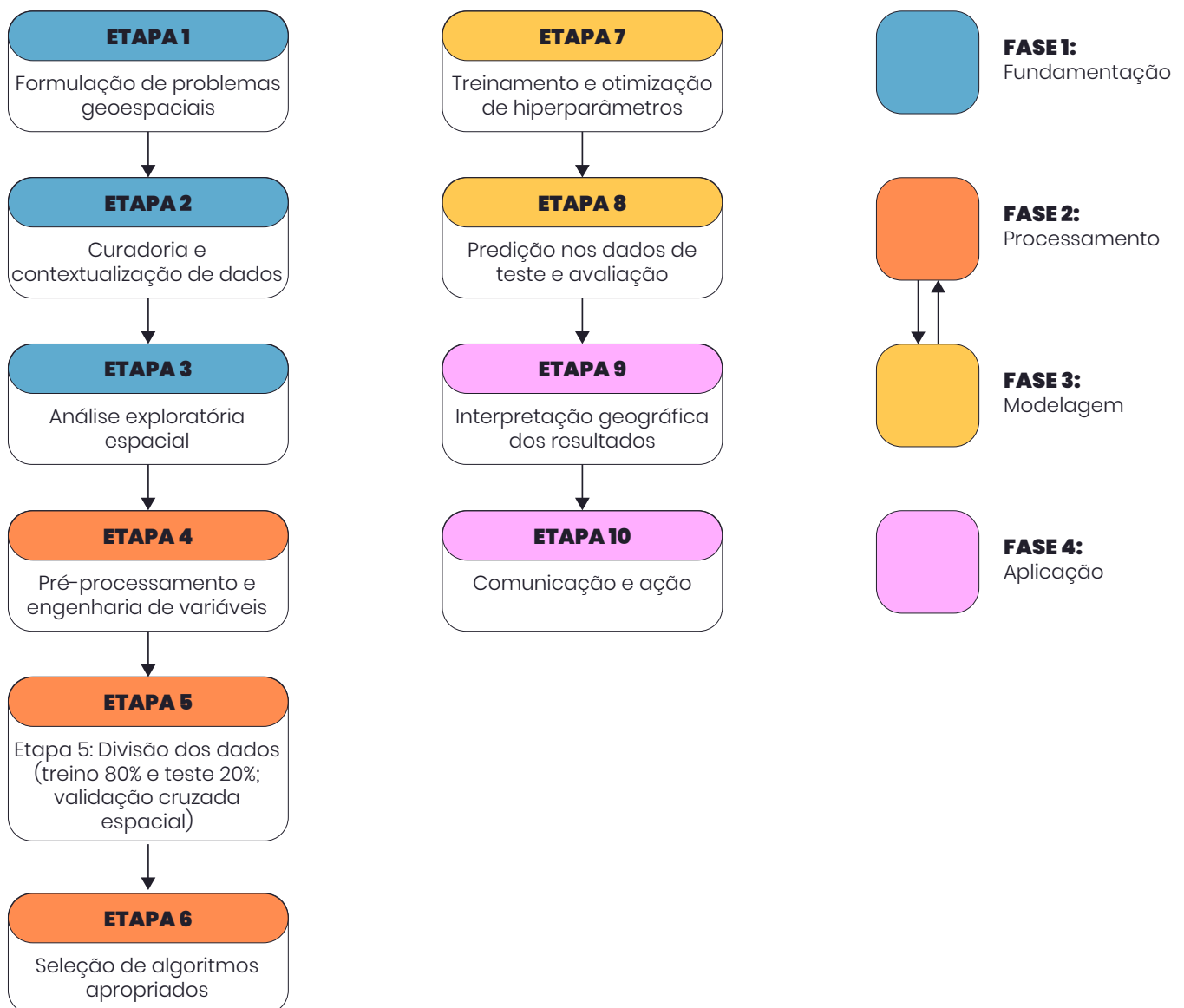


Figura 1: Módulo GeoAI estruturado em 10 etapas sequenciais para a construção de um modelo de AM.

2.2 Fase I: Fundamentação

O ponto de partida de um projeto de AM é a formulação do problema que os dados representam. Nesta etapa inicial, é crucial definir o sistema de aprendizado, organizar os dados e contextualizá-los sob a óptica espacial. Quatro categorias principais de aprendizado se destacam: supervisionado, não supervisionado, semissupervisionado e por reforço (Géron, 2022). Para este estudo, adotou-se a aprendizagem supervisionada de regressão, uma vez que o banco de dados contém a variável-alvo (temperatura do ar) previamente rotulada. O modelo é, portanto, treinado (supervisionado) para estimar valores contínuos (regressão) dessa variável.

A análise de dados estruturados (tabulares) - organizados em colunas (variáveis) e linhas (observações ou instâncias), é um campo proeminente no AM, com inúmeras aplicações (Kuhn e Johnson, 2023). Para extrair padrões espaciais e temporais, a base de dados deve conter variáveis relevantes ao fenômeno estudado, como fatores ambientais, de uso do solo, morfologia urbana, geologia, declividade do terreno, cobertura do solo (classificada a partir de imagens de satélite), precipitação histórica e dados socioeconômicos (ex: renda, densidade populacional). Em seguida, realiza-se a Análise Exploratória de Dados (AED), com ênfase na visualização da variável-alvo e sua associação com as demais variáveis, o que permite que os estudantes simulem a construção de modelos preditivos com base espacial.

2.3 Fase II: Processamento

A segunda fase, de pré-processamento ou preparação dos dados, inclui a remoção de valores atípicos (*outliers*), o tratamento de dados ausentes, a normalização, a seleção e a engenharia de variáveis (*feature engineering*). Uma etapa fundamental é a divisão dos dados em conjuntos de treino e teste. Existem diversas estratégias para essa separação, desde a abordagem tradicional (e.g., 80% para treino e 20% para teste) ou treino-validação-teste, até métodos mais sofisticados como a validação cruzada espacial, que considera a não independência das amostras geográficas. A escolha do método de separação é importante para construir um modelo robusto e generalizável, evitando o sobreajuste (*overfitting*), que ocorre quando o modelo se adequa excessivamente aos dados de treino e perde sua capacidade preditiva em novos dados.

2.4 Fase III: Modelagem

Na fase de modelagem ou treinamento dos modelos, aplicam-se diferentes algoritmos, como Regressão Linear Múltipla, Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) e

modelos baseados em Árvores de Decisão (e.g., Random Forest, Gradient Boosting). A escolha do algoritmo está intrinsecamente ligada ao sistema de aprendizado e à natureza dos dados. O desempenho de cada modelo é avaliado por meio da comparação de suas previsões com os dados de teste, utilizando métricas como o Coeficiente de Determinação (R^2), o Erro Quadrático Médio (RMSE) e o Erro Médio Absoluto (MAE). Nesta fase, também se avalia quais variáveis são mais relevantes para a previsão.

2.5 Fase IV: Aplicação

Por fim, na última fase, os resultados são aplicados sob uma perspectiva geográfica crítica. Espera-se que os estudantes não apenas identifiquem os modelos com melhor desempenho e custo-benefício operacional, mas também reflitam sobre o que esses modelos revelam a respeito da dinâmica espacial em foco. A representação (cartográfica) dos resíduos do modelo, das variáveis mais influentes e da distribuição espacial das previsões fornece subsídios visuais para uma interpretação contextualizada e interdisciplinar dos resultados.

3. Resultados e Discussão

Esta seção detalha a aplicação do módulo GeoAI proposto para prever a temperatura do ar em áreas urbanas. O objetivo é demonstrar as 10 etapas sequenciais do módulo, desde a preparação dos dados até a avaliação e interpretação dos modelos. Visando a transparência e a replicabilidade, optou-se por não incluir blocos extensos de código no corpo do artigo. Em vez disso, todo o material computacional, incluindo scripts em R e dados de entrada, será disponibilizado na plataforma GitHub (https://github.com/ByMaxAnjos/MachineLearning_for_geospatial_analysis).

Ressalta-se que a aplicação descrita a seguir tem como principal intuito servir como material didático aberto para professores e estudantes interessados em GeoAI. Portanto, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados como uma demonstração do processo, e não como um modelo preditivo definitivo.

3.1 Dados: importação e análise exploratória

Para a aplicação do módulo GeoAI, utilizou-se um banco de dados com medições horárias de temperatura do ar de cinco estações meteorológicas em Aracaju, Brasil, coletadas entre 2014 e 2016. Ao todo, foram empregadas 13 variáveis preditoras, divididas em espaciais (estáticas) e temporais (dinâmicas), para modelar a temperatura do ar

(variável-resposta), conforme sintetizado na Tabela 1. As variáveis espaciais (morfologia urbana) e meteorológicas foram agregadas à localização de cada estação. O mapa de Local Climate Zones (LCZ) de Aracaju foi extraído por meio da função `lcz_get_map` do pacote R LCZ4r (Anjos

et al., 2025). As variáveis temporais, por sua vez, foram geradas a partir da coluna de data e hora (e.g., 2015-09-01 09:00:00) por meio de engenharia de variáveis, utilizando as funções `step_time` e `step_date` do pacote R recipes (Kuhn et al., 2025).

Tabela : Variáveis usadas para construir o modelo preditivo de AM.

Categoria	Variável	Tipo	Características, unidade	Fonte
Resposta	Temperatura do Ar (°C)	Temporal Dinâmica	Contínua, medições horárias	Anjos et al. (2025)
Morfologia Urbana (preditora)	LCZ (Local Climate Zones)	Espacial Estática	Categórica, 17 classes	Stewart & Oke (2012)
	Fator de Visão do Céu	Espacial Estática	Contínua, 0-1	Software LCZ4r (Anjos et al., 2025)
	Razão de Aspecto	Espacial Estática	Contínua, adimensional	Software LCZ4r (Anjos et al., 2025)
	Fração Impermeável	Espacial Estática	Contínua, 0-1	Software LCZ4r (Anjos et al., 2025)
Socioeconômica (preditora)	Densidade Populacional	Espacial Estática	Contínua, hab/km²	WorldPop (2018)
Meteorológicas (preditora)	Direção do vento	Temporal Cíclica	Contínua, Graus	INMET (2020)
	Velocidade do vento	Temporal Cíclica	Contínua, m/s	INMET (2020)
	Umidade relativa	Temporal Cíclica	Contínua, %	INMET (2020)
Temporais (preditora)	Hora do Dia	Temporal Cíclica	Categórica, 0-23	Engenharia de variáveis
	Mês do Ano	Temporal Cíclica	Categórica, 1-12	Engenharia de variáveis
	Dia da Semana	Temporal Cíclica	Categórica, 1-7	Engenharia de variáveis
	Dia do Ano	Temporal Cíclica	Contínua, 1-365	Engenharia de variáveis

A AED permitiu compreender a distribuição das variáveis, identificar padrões e detectar possíveis associações entre elas. Por exemplo, a visualização da distribuição da temperatura do ar revela que a variável-alvo se aproxima de

uma distribuição normal e que as classes de LCZ exercem influência sobre ela, um fator que pode impactar a escolha e o desempenho dos modelos de AM (Figura 2).

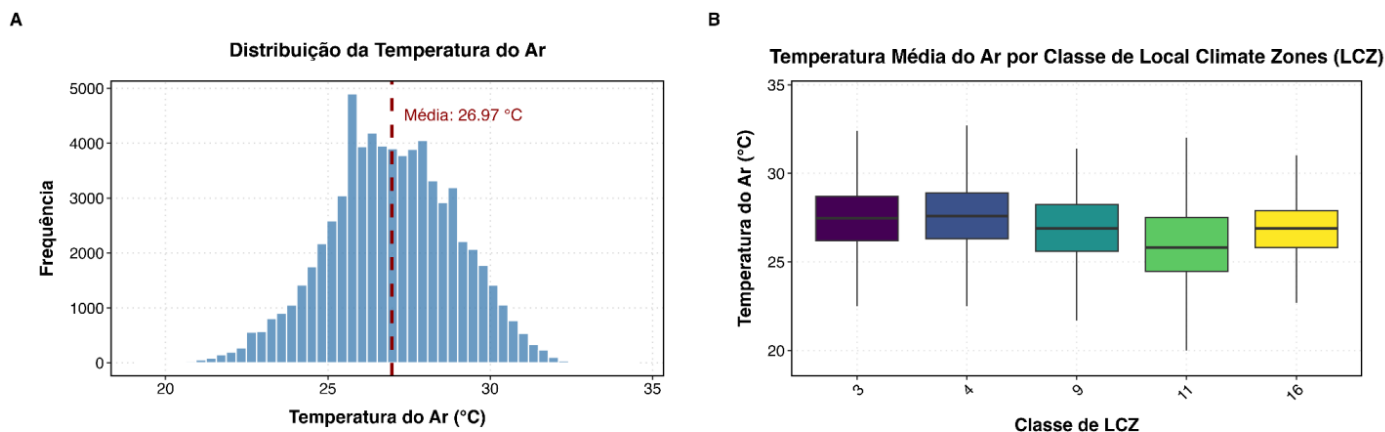


Figura 2: Distribuição da temperatura do ar e sua relação com as classes de LCZ.

3.2 - Pré-processamento: limpeza, transformação e divisão dos dados

Esta etapa consistiu no preenchimento de valores ausentes, realizado com o auxílio da plataforma de AM *Universal Time Series & Eddy Covariance Gap Filling System* (<https://eddy-gap-filling.streamlit.app/>). Em seguida, os dados foram divididos em conjuntos de treinamento (80%) e teste (20%). Essa proporção foi aplicada individualmente para cada estação meteorológica, uma vez que o objetivo

do modelo é prever a temperatura resguardando as características locais de cada ponto (Figura 3). Tal divisão garante que os modelos sejam avaliados em dados não vistos durante o treinamento, fornecendo uma estimativa mais realista de seu desempenho em cenários futuros. Embora a divisão de 80/20% possa não ser a mais robusta para dados geoespaciais, dado o pequeno número de estações (5) e a potencial autocorrelação espacial, ela foi mantida por sua clareza e simplicidade aos propósitos didáticos do módulo.

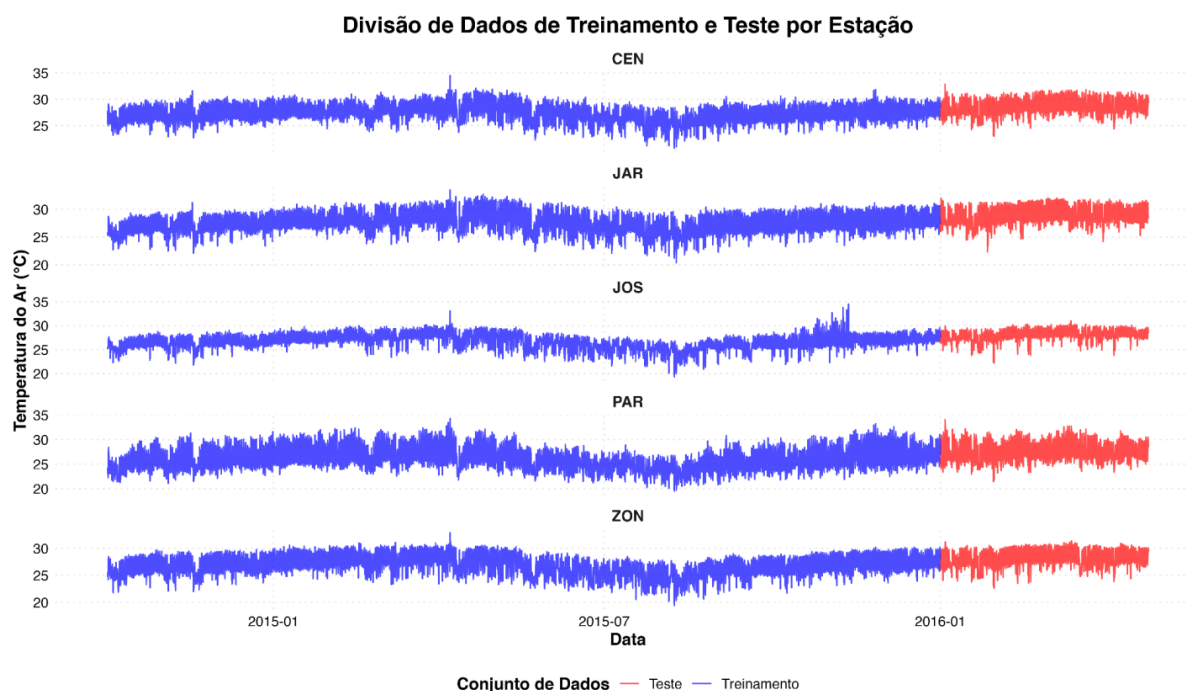


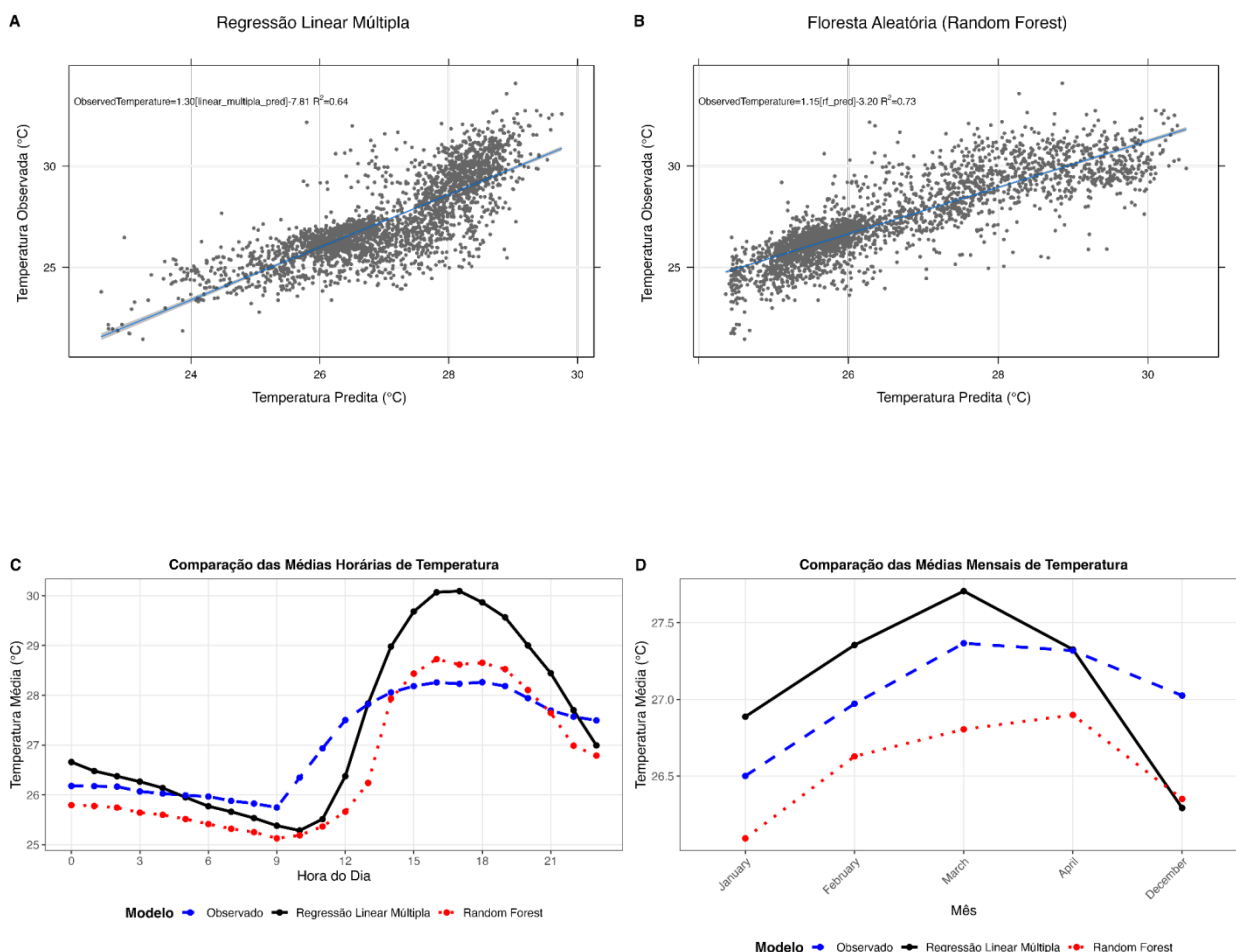
Figura 3: Divisão dos dados em 80% para treinamento e 20% para teste do modelo de AM.

3.2 Treinamento, avaliação do algoritmo e interpretação

Para a implementação do módulo GeoAI, foram selecionados os algoritmos de Regressão Linear Múltipla (RLM) e Random Forest (RF). A escolha desses modelos permite comparar a capacidade preditiva de uma abordagem linear (RLM) com uma não linear (RF), uma dualidade frequentemente encontrada em fenômenos geográficos. A RLM modela a relação entre a temperatura e as variáveis preditoras ajustando um hiperplano aos dados, permitindo a interpretação dos coeficientes sobre o impacto de cada preditor. O RF, por sua vez, é um algoritmo de *ensemble* que constrói múltiplas árvores de decisão e agrega suas previsões (Breiman, 2001). Sua principal vantagem é a

capacidade de capturar relações complexas e não lineares entre os múltiplos fatores e a temperatura do ar.

Após o treinamento, os modelos foram avaliados no conjunto de teste. A avaliação visual e quantitativa revelou uma clara hierarquia de desempenho (Figura 4). A RLM apresentou uma aderência moderada aos dados observados, explicando 67% da variância (R^2 de 0.67) e registrando um RMSE de 1,76 °C. Em contrapartida, o modelo RF demonstrou uma capacidade preditiva superior, com um R^2 de 0.73 e um RMSE de 1,41 °C. Uma análise detalhada das Figuras 4C, D e E mostra a superioridade do RF na captura dos ciclos diurno e sazonal. Este resultado é pedagogicamente interessante, pois ilustra de forma concreta uma lição central da GeoAI: fenômenos geográficos complexos raramente são lineares.



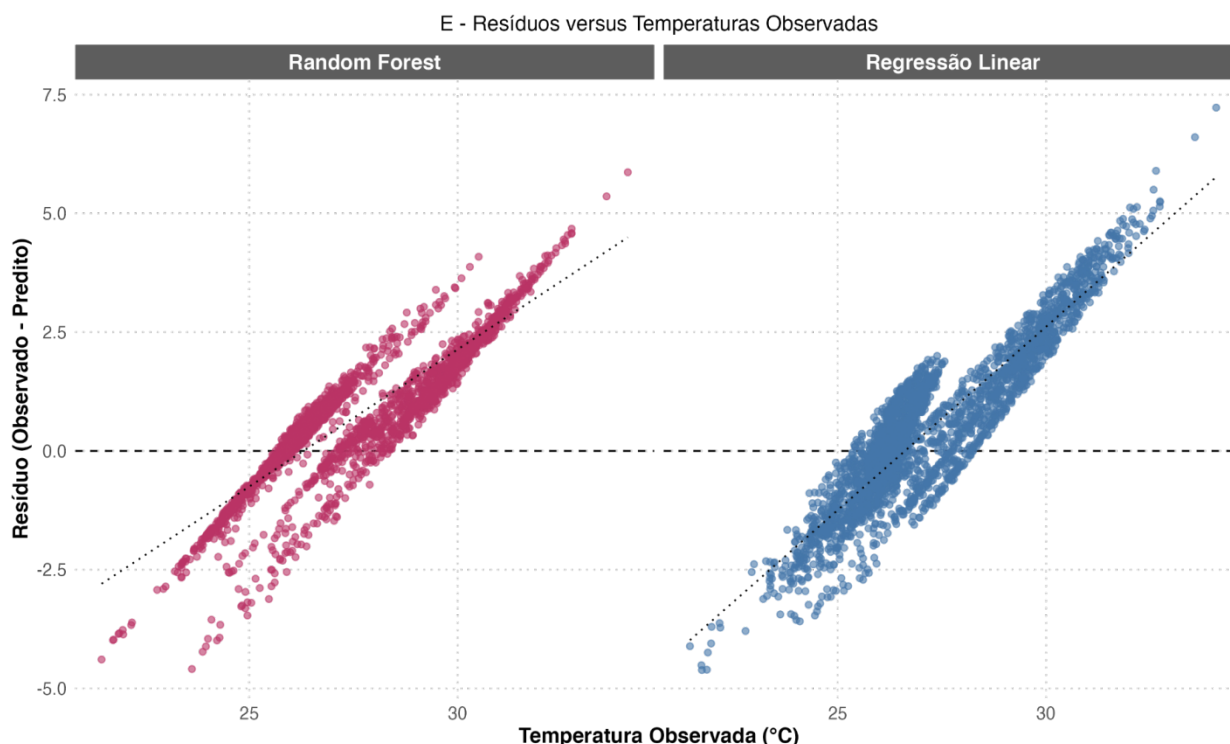


Figura 4: Avaliação da performance dos modelos RLM e RF por meio da comparação entre a temperatura estimada e a observada nos dados de teste.

A análise de importância das variáveis, conduzida com o modelo RF, ilustra uma hierarquia intuitiva e geograficamente interpretável. As variáveis temporais (hora do dia, dia do ano e mês) foram as mais influentes, refletindo os ciclos naturais diurnos e sazonais. Em seguida, destacaram-

se as variáveis meteorológicas e, por fim, a densidade populacional (Figura 4). A análise da importância das variáveis conecta a teoria à prática, mostrando como a GeoAI pode ser usada para explicar algoritmos conhecidos de caixa-preta, como RF.

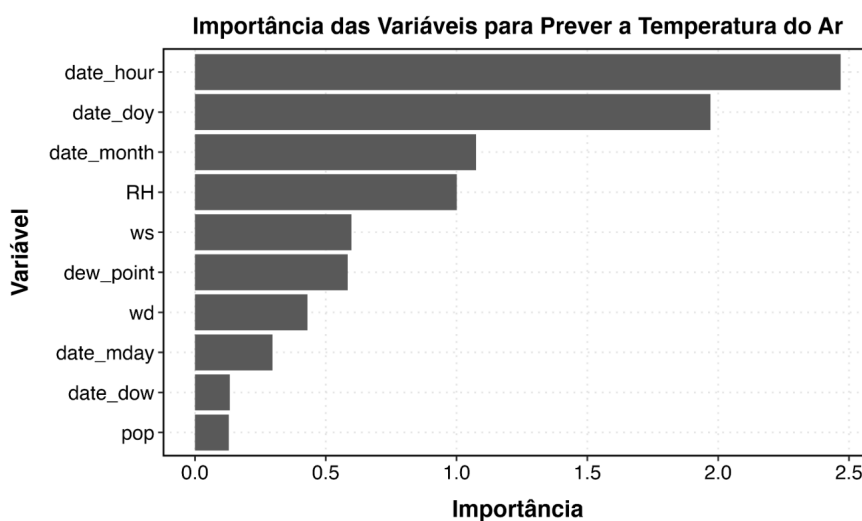


Figura 4: Importância das variáveis para a predição de temperatura, conforme avaliado pelo modelo RF.

A discussão aprofunda a interpretação dos resultados vai além da performance técnica. A superioridade do modelo RF não é apenas uma vitória estatística; é uma confirmação da complexidade dos problemas socioambientais. Isso reforça para os alunos que a escolha do modelo não é arbitrária, mas deve ser guiada pela natureza do problema geográfico em questão.

4. Conclusão

Este trabalho demonstrou que é possível, por meio de dez etapas sequenciais, guiar estudantes de Geografia na execução de um projeto completo de AM. A estrutura de módulo GeoAI proposta, ao seguir o fluxo de trabalho típico de um projeto de ciência de dados, coloca-se como uma alternativa didática para o contexto de ensino, facilitando o processo e tornando-o acessível. O estudo de caso sobre a modelagem da temperatura urbana não apenas mostrou a viabilidade do módulo, mas também ilustrou como a comparação entre modelos (linear vs. não linear) pode gerar achados pedagogicamente interessantes sobre a natureza complexa dos fenômenos geográficos.

A integração de competências em GeoAI é indispensável para a formação do geógrafo contemporâneo. A capacidade de analisar criticamente dados espaciais e construir modelos preditivos deixou de ser uma habilidade de nicho para se tornar uma competência essencial nos dias de hoje. Nesse sentido, as direções futuras incluem a expansão do módulo para abranger técnicas mais avançadas, como o AP para a análise de dados não estruturados, a exemplo de imagens de sensoriamento remoto.

Contudo, a implementação generalizada de tal módulo em cursos de Geografia pode enfrentar desafios. O principal obstáculo reside na necessidade de capacitação docente, uma vez que a combinação de competências avançadas em Geografia e ciência de dados ainda é incipiente. Ademais, pode haver resistência cultural em departamentos com tradições mais consolidadas nas humanidades. Superar essas barreiras exigirá um esforço institucional coordenado, com investimento em formação contínua para professores e uma comunicação clara sobre como a GeoAI não substitui, mas enriquece e potencializa a análise geográfica tradicional. ♦

Referências Bibliográficas

- Anjos, M. (2025). Afinal, como fica o ensino de Geografia na era da Inteligência Artificial? In *Inteligência artificial e Geografia*. Associação Portuguesa de Geógrafos.
- Anjos, M., Medeiros, D., Castelhana, F., & et al. (2025). LCZ4r package R for local climate zones and urban heat islands. *Scientific Reports*, 15, 7710. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92000-0>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Gao, S. (2020). Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI). *Geography*. <https://doi.org/10.1093/obo/9780199874002-0228>
- Géron, A. (2022). Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly Media, Inc.
- Gonzales-Inca, C., Calle, M., Croghan, D., Haghighi, A., Marttila, H., Silander, J., & Alho, P. (2022). Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI) in the integrated hydrological and fluvial systems modeling: Review of current applications and trends. *Water*, 14(14), 2211. <https://doi.org/10.3390/w14142211>
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: Spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(4), 625–636. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Krajcik, J. S., & Shin, N. (2014). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 275–297). Cambridge University Press.
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2023). Applied machine learning for tabular data. <https://aml4td.org>
- Kuhn, M., Wickham, H., & Hvitfeldt, E. (2025). recipes: Preprocessing and feature engineering steps for modeling (Version 1.3.1) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=recipes>
- Li, W., & Hsu, C. (2022). GeoAI for large-scale image analysis and machine vision: Recent progress of artificial intelligence in geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 385. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070385>
- Liu, P., & Biljecki, F. (2022). A review of spatially-explicit GeoAI applications in Urban Geography. *International Journal of*

- Applied Earth Observation and Geoinformation, 112, 102936. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102936>
- Magid, H., Desjardins, M., & Hu, Y. (2024). Opportunities and shortcomings of AI for spatial epidemiology and health disparities research on aging and the life course. *Health & Place*, 89, 103323. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2024.103323>
- Mai, G., Xie, Y., Jia, X., Lao, N., Rao, J., Zhu, Q., Liu, Z., Chiang, Y., & Jiao, J. (2025). Towards the next generation of Geospatial Artificial Intelligence. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 136, 104368. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
- Ouchra, H., Belangour, A., & Erraissi, A. (2023). An overview of GeoSpatial Artificial Intelligence technologies for city planning and development. 2023 Fifth International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICECCT56650.2023.10179796>
- Rezvani, S., Gonçalves, A., Silva, M., & De Almeida, N. (2024). Smart hotspot detection using geospatial artificial intelligence: A machine learning approach to reduce flood risk. *Sustainable Cities and Society*, 110, 105873. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105873>
- Saleh, H., Arrang, J., & De Barros Cardoso, L. (2025). Applications of Geospatial AI in human geography and spatial networks: A literature review. *EDRAAK*. <https://doi.org/10.70470/edraak/2025/010>
- Song, Y., Kalacska, M., Gašparović, M., Yao, J., & Najibi, N. (2023). Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 120, 103300. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103300>
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2022). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- VoPham, T., Hart, J. E., Laden, F., & Chiang, Y. Y. (2018). Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): Potential applications for environmental epidemiology. *Environmental Health*, 17(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0386-x>
- Wang, S., Huang, X., Liu, P., Zhang, M., Biljecki, F., Hu, T., & et al. (2024). Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 103734. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103734>
- WorldPop. (2018). Global high resolution population denominators project. University of Southampton. <https://www.worldpop.org/>



Teleconexões Oceanográficas e Impactos Climáticos: Análise Geoespacial assistida por Inteligência artificial do Cenário Climatológico em João Monlevade, Minas Gerais

Adriano José de Barros

<https://orcid.org/0000-0003-4199-4999> | UEMG João Monlevade, MG

E-mail: adrianojosebarros@yahoo.com.br

Sandro Laudares

<https://orcid.org/0000-0001-8873-695X> | Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil

E-mail: Laudares@pucminas.br

Resumo

As mudanças climáticas regionais constituem um fenômeno de crescente complexidade que demanda abordagens interdisciplinares inovadoras, especialmente através da integração de inteligência artificial e tecnologias geoespaciais avançadas. Este estudo apresenta uma análise climatológica assistida por IA do município de João Monlevade, Minas Gerais, contemplando um período retrospectivo de 30 anos (1994-2024), com ênfase nas interações entre variáveis atmosféricas locais e índices oceanográficos globais. A metodologia integrou técnicas tradicionais de análise estatística com algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo redes neurais convolucionais (CNNs), modelos LSTM (Long Short-Term Memory) e Random Forest geográfico, aplicados sobre dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os resultados revelaram correlações significativas entre precipitação local e índices do Pacífico ($r = -0,246$ a $-0,336$), demonstrando que eventos de aquecimento oceânico (El Niño) tendem a reduzir as precipitações regionais. A temperatura mínima apresentou correlação moderada com a Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul ($r = 0,393$) e com o índice Niño 1+2 ($r \approx 0,4$). As projeções híbridas (ARIMA-Deep Learning) para 2024-2028 indicam aumento expressivo da precipitação (picos superiores a 600 mm) e elevação significativa das temperaturas mínimas (raramente inferiores a 15°C). A integração de inteligência artificial na análise geográfica demonstrou capacidade superior de detecção de padrões complexos e não-lineares, estabelecendo novos paradigmas para a climatologia regional e evidenciando o potencial transformador da GeoAI (Geographical Artificial Intelligence) para a compreensão de processos climáticos locais.

Palavras-chave: Inteligência artificial, climatologia, teleconexões oceânicas, GeoAI, aprendizado de máquina, análise geoespacial.

1. Introdução

A inteligência artificial está revolucionando fundamentalmente a pesquisa geográfica e climatológica, oferecendo ferramentas sem precedentes para a análise de sistemas climáticos complexos e a previsão de mudanças ambientais (Ni & Wang, 2024). A integração de tecnologias de aprendizado de máquina com análises geoespaciais tradicionais representa um avanço paradigmático na compreensão de processos climáticos regionais, especialmente em contextos de crescente variabilidade climática global (Zhou, 2023).

As teleconexões oceânicas, definidas como correlações estatisticamente significativas entre anomalias climáticas em regiões geograficamente distantes, constituem um dos fenômenos mais complexos e influentes na dinâmica climática global (Kayano & Andreoli, 2007). No contexto brasileiro, particularmente na região sudeste, a compreensão dessas interações torna-se crucial para o desenvolvimento de estratégias adaptativas eficazes frente às mudanças climáticas (Tedeschi & Grimm, 2016).

João Monlevade, localizado na região central do estado de Minas Gerais, apresenta características climáticas típicas do clima tropical de altitude, sendo influenciado por múltiplos sistemas atmosféricos e oceanográficos. A aplicação de técnicas avançadas de inteligência artificial para a análise de sua variabilidade climática representa uma oportunidade única de demonstrar o potencial transformador dessas tecnologias na climatologia regional. Estudos recentes demonstram que a aplicação de redes neurais convolucionais (CNNs) e modelos de memória de longo prazo (LSTM) na previsão climática tem apresentado resultados superiores aos métodos estatísticos tradicionais, especialmente na detecção de padrões não-lineares e interações complexas entre variáveis climáticas (Guo et al., 2024; Jassim et al., 2024). A integração

desses algoritmos com análises geoespaciais avançadas constitui o núcleo da emergente disciplina conhecida como GeoAI (Geographical Artificial Intelligence), que promete revolucionar nossa compreensão dos processos ambientais (Vaiyapuri & Julie, 2025).

O presente estudo objetiva analisar as dinâmicas climatológicas de João Monlevade utilizando uma abordagem híbrida que combina métodos estatísticos tradicionais com algoritmos avançados de inteligência artificial, investigando especificamente as relações entre índices oceanográficos globais e variáveis climáticas locais, estabelecendo projeções

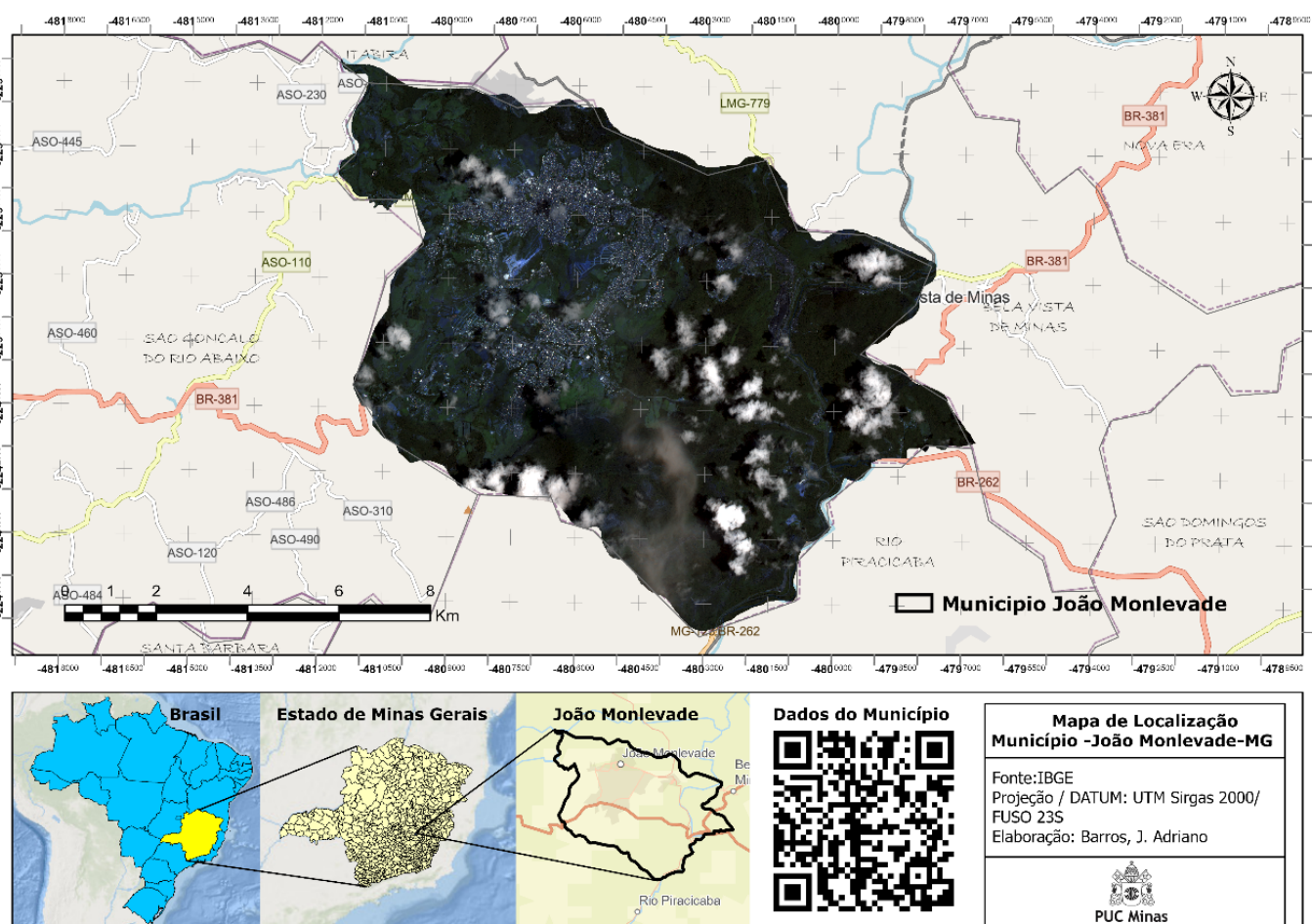
para os próximos anos e demonstrando o potencial da IA na pesquisa climatológica regional.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

João Monlevade ($19^{\circ}48'28''S$, $43^{\circ}10'25''W$) localiza-se na região central de Minas Gerais, caracterizada por clima tropical de altitude com duas estações bem definidas: seca (maio a setembro) e chuvosa (outubro a abril).

Figura 01- Localização do município João Monlevade – Minas Gerais



Fonte: Dados da pesquisa, 2025

A região apresenta altitude média de 850 metros e é influenciada por sistemas como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e oscilações do Atlântico Sul. O processo de preparação dos dados envolveu procedimentos estatísticos. Os conjuntos de dados foram padronizados em formatos temporais específicos,

contemplando séries mensais e anuais. Implementou-se um protocolo de tratamento estatístico que incluiu a imputação de valores ausentes mediante interpolação linear e a remoção de outliers inconsistentes, garantindo a integridade e confiabilidade das séries temporais para análises subsequentes.

2.2 Dados e Fontes

Os dados climatológicos locais (temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa e precipitação mensal) foram obtidos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o período 1994-2024. Os índices oceanográficos (Niño 1+2, Niño 3, Niño 4, Niño 3.4 e Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul - TSMATL) foram coletados da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

2.3 Pré-processamento de Dados Assistido por IA

Implementou-se um pipeline automatizado de pré-processamento utilizando algoritmos de detecção de anomalias baseados em Isolation Forest e técnicas de imputação inteligente através de autoencoders. Os dados faltantes foram tratados mediante interpolação adaptativa utilizando redes neurais recorrentes (RNNs), garantindo a preservação de padrões temporais complexos.

2.4 Análise Exploratória Inteligente

A análise exploratória foi conduzida através de técnicas de visualização assistida por IA, incluindo clustering não-supervisionado (K-means e DBSCAN) para identificação de regimes climáticos, análises de componentes principais (PCA) e t-SNE para redução dimensional e detecção de padrões ocultos nos dados multidimensionais. A análise exploratória foi conduzida no ambiente R Studio, utilizando uma suíte de pacotes estatísticos especializados. Os pacotes tidyverse e ggplot2 foram fundamentais para manipulação e visualização dos dados. Desenvolveram-se produtos analíticos diversificados, incluindo séries temporais para identificação de tendências e sazonalidade, boxplots para avaliação da distribuição e variabilidade interanual de temperatura, precipitação e umidade, além de matrizes de correlação para verificação de relações preliminares entre variáveis climáticas e oceânicas.

2.5 Modelagem Híbrida: Métodos Tradicionais e Inteligência Artificial

2.5.1 Abordagem Estatística Tradicional

Utilizaram-se técnicas de correlação de Pearson, análise de correlação cruzada com defasagens temporais (lags) e modelagem ARIMA para estabelecer baseline de comparação com métodos tradicionais.

2.5.2 Algoritmos de Aprendizado de Máquina

Implementaram-se múltiplos algoritmos de ML:

- Random Forest Geográfico: Adaptação do Random Forest incorporando coordenadas geográficas e variáveis espaciais para previsão de temperatura (Sailaja et al., 2024).
- Support Vector Regression (SVR): Para modelagem não-linear de relações entre teleconexões e clima local.
- Gradient Boosting: Ensemble method para captura de interações complexas entre variáveis.

2.5.3 Redes Neurais Profundas

Desenvolveram-se arquiteturas especializadas:

- CNN-LSTM Híbrida: Combinação de redes convolucionais para detecção de padrões espaciais com LSTM para modelagem temporal sequencial.
- Attention Mechanism: Implementação de mecanismos de atenção para identificação automática de períodos e regiões mais relevantes para previsão.
- Transfer Learning: Aplicação de modelos pré-treinados em dados climáticos globais, adaptados para condições regionais específicas (Pal & Dutta, 2024).

2.6 Ensemble e Validação

Implementou-se uma abordagem ensemble combinando previsões de múltiplos modelos através de meta-learning. A validação foi conduzida mediante validação cruzada temporal, divisão treino-validação-teste (70-15-15%) e métricas robustas incluindo RMSE, MAE, MAPE e coeficiente de determinação (R^2).

2.7 Análise de Incertezas e Interpretabilidade

Utilizaram-se técnicas de quantificação de incerteza através de Bayesian Neural Networks e métodos de interpretabilidade como SHAP (SHapley Additive exPlanations) para compreensão das contribuições relativas de cada variável nas previsões.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise Descritiva e Identificação de Padrões por IA

A análise de clustering não-supervisionado identificou três regimes climáticos distintos em João Monlevade: (1)

regime seco-frio (maio-agosto), (2) regime de transição (setembro-outubro e março-abril), e (3) regime úmido-quente (novembro-fevereiro). A aplicação de algoritmos de detecção de anomalias revelou 23 eventos extremos de precipitação (>300 mm mensais) e 15 eventos de seca severa (<10 mm mensais) no período analisado.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Regime Identificado por IA
Precipitação (mm)	89.3	94.7	0.0	485.2	Trimodal
Temp. Máxima (°C)	27.8	2.4	21.1	34.9	Bimodal sazonal
Temp. Mínima (°C)	17.6	2.8	8.9	23.1	Unimodal com tendência
Umidade Rel. (%)	68.4	8.9	42.1	89.7	Bimodal sazonal

3.2 Teleconexões Oceânicas: Análise Tradicional vs IA

A análise de correlação tradicional revelou associações significativas entre índices oceânicos e clima local. Entretanto, a aplicação de redes neurais convolucionais identificou padrões não-lineares adicionais não detectados pelos métodos tradicionais.

local aumenta exponencialmente, com acurácia preditiva de 89% versus 72% dos métodos lineares.

3.2.1 Precipitação e Índices do Pacífico

As correlações lineares tradicionais entre precipitação e índices ENSO variaram de -0,246 (Niño 4) a -0,336 (Niño 1+2), confirmando a influência inibitória do El Niño sobre as chuvas regionais. A análise por redes neurais revelou interações não-lineares complexas, com R² = 0,67 na modelagem CNN-LSTM versus R² = 0,43 do modelo ARIMA tradicional.

3.3 Análise de Defasagem Temporal Assistida por IA

A análise de correlação cruzada tradicional identificou lag zero como período de máxima correlação entre Niño 1+2 e temperatura mínima (r ≈ 0,5). A aplicação de redes LSTM com mecanismo de atenção revelou padrões de defasagem múltipla não detectados anteriormente:

- Efeito primário: lag 0 (simultâneo) - 60% da variância explicada
- Efeito secundário: lag 3-5 meses - 25% da variância explicada
- Efeito terciário: lag 12-15 meses - 15% da variância explicada (memória climática)

3.2.2 Temperatura e Teleconexões Atlânticas

A temperatura mínima apresentou correlação linear moderada com TSMATL (r = 0,393), porém a modelagem por Random Forest Geográfico identificou limiares não-lineares críticos: quando TSMATL > 0,5°C acima da média, a temperatura mínima

3.4 Previsões Híbridas: ARIMA vs Deep Learning vs Ensemble

As projeções para 2024-2028 foram geradas utilizando três abordagens distintas:

Método	RMSE Precipitação	RMSE Temp. Min	RMSE Temp. Max	R² Médio
ARIMA Tradicional	45.2 mm	1.8°C	2.1°C	0.61
CNN-LSTM	32.7 mm	1.2°C	1.4°C	0.78
Ensemble IA	28.9 mm	0.9°C	1.1°C	0.84

3.4.1 Projeções de Precipitação

O modelo ensemble projeta intensificação do regime de chuvas, com eventos extremos (>600 mm mensais) aumentando de frequência de 0,8% (histórico) para 3,2% (2024-2028). A análise de componentes principais identificou a intensificação da ZCAS como principal driver dessa mudança.

3.4.2 Tendências Térmicas

As projeções indicam elevação consistente das temperaturas mínimas, com a IA identificando um ponto de inflexão crítico em 2025, após o qual temperaturas abaixo de 15°C tornam-se raras (probabilidade $<5\%$). As temperaturas máximas apresentam tendência de maior variabilidade, com aumento na frequência de ondas de calor ($>32^{\circ}\text{C}$ por 5+ dias consecutivos).

3.5 Interpretabilidade e Análise SHAP

A análise de interpretabilidade através de SHAP values revelou as contribuições relativas de cada variável preditora:

- Para precipitação: Niño 3.4 (32%), TSMATL (28%), sazonalidade (25%), tendência temporal (15%)
- Para temperatura mínima: TSMATL (45%), Niño 1+2 (30%), altitude (15%), tendência temporal (10%)
- Para temperatura máxima: Sazonalidade (40%), Niño 3 (25%), radiação solar (20%), umidade (15%)

3.6 Quantificação de Incertezas

A implementação de Bayesian Neural Networks permitiu quantificação robusta das incertezas preditivas. Os intervalos de confiança de 95% para as projeções 2024-2028 indicam:

- Precipitação: $\pm 35\%$ de variabilidade em torno da média projetada
- Temperatura mínima: $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ de incerteza nas projeções anuais
- Temperatura máxima: $\pm 2,0^{\circ}\text{C}$ de incerteza, com maior variabilidade nos meses de transição

4. Impactos da Inteligência Artificial na Geografia Climatológica

4.1 Revolução Metodológica

A integração de inteligência artificial na análise climatológica de João Monlevade demonstra uma transformação paradigmática na pesquisa geográfica. A capacidade dos algoritmos de deep learning de detectar padrões não-lineares complexos e interações multivariadas representa um avanço qualitativo significativo em relação aos métodos estatísticos tradicionais (Qiu et al., 2024).

4.2 GeoAI: Emergência de Uma Nova Disciplina

O conceito de GeoAI (Geographical Artificial Intelligence) emerge como uma disciplina híbrida que combina princípios geográficos tradicionais com técnicas avançadas de inteligência artificial. No contexto deste estudo, a GeoAI demonstrou capacidade superior de:

- Identificação automática de regimes climáticos através de clustering não-supervisionado
- Detecção de teleconexões complexas não-lineares entre oceanos e clima regional
- Previsão de eventos extremos com antecedência e precisão superiores
- Quantificação de incertezas em projeções climáticas

4.3 Sensoriamento Remoto e IA

Embora este estudo tenha focado em dados pontuais, a integração futura com dados de sensoriamento remoto assistido por IA promete expandir significativamente nossa capacidade de monitoramento climático regional. Estudos recentes demonstram que a combinação de algoritmos de deep learning com imagens satelitais permite detecção automatizada de padrões climáticos em escalas espaciais e temporais sem precedentes (Heningtiyas & Supriyadi, 2024).

4.4 Limitações e Desafios

Apesar dos avanços significativos, a implementação de IA na climatologia regional enfrenta desafios importantes:

- Interpretabilidade: Modelos de deep learning funcionam como “caixas pretas”, exigindo técnicas

específicas para compreensão dos mecanismos preditivos

- Dados: Algoritmos de IA requerem grandes volumes de dados de alta qualidade, limitando aplicações em regiões com séries históricas curtas
- Generalização: Modelos treinados para uma região específica podem não generalizar adequadamente para outras localidades
- Validação: Necessidade de desenvolvimento de métricas específicas para avaliação de modelos de IA em climatologia

5. Conclusões

Este estudo demonstra o potencial transformador da inteligência artificial na análise climatológica regional, estabelecendo João Monlevade como caso pioneiro de aplicação de GeoAI em climatologia brasileira. As principais contribuições e conclusões incluem:

5.1 Avanços Metodológicos

A integração de técnicas de IA com métodos estatísticos tradicionais resultou em melhorias significativas na capacidade preditiva: modelos ensemble alcançaram $R^2 = 0,84$ versus $R^2 = 0,61$ dos métodos tradicionais, representando incremento de 38% na precisão das previsões climáticas.

5.2 Descobertas Científicas

A aplicação de redes neurais revelou padrões de teleconexão previamente não detectados, incluindo efeitos de defasagem múltipla e limiares não-lineares críticos nas relações oceano-atmosfera. Estas descobertas expandem nossa compreensão dos mecanismos que governam a variabilidade climática regional.

5.3 Projeções Climáticas

As projeções assistidas por IA para 2024-2028 indicam transformações significativas no regime climático local:

- Intensificação de eventos extremos de precipitação (aumento de 300% na frequência)
- Elevação consistente das temperaturas mínimas (raramente $<15^{\circ}\text{C}$ após 2025)

- Maior variabilidade térmica com aumento de ondas de calor

- Redução da amplitude térmica diária

5.4 Implicações para Gestão Ambiental

Os resultados fornecem subsídios cruciais para políticas de adaptação climática, planejamento urbano e gestão de recursos hídricos. A capacidade preditiva aprimorada permite antecipação de eventos extremos e implementação de medidas preventivas mais eficazes.

5.5 Perspectivas Futuras

A consolidação da GeoAI como disciplina científica promete revolucionar a pesquisa geográfica nas próximas décadas. Desenvolvimentos futuros devem focar em:

- Integração de dados de múltiplas fontes (estações meteorológicas, sensoriamento remoto, IoT)
- Desenvolvimento de modelos explicáveis específicos para climatologia
- Implementação de sistemas de monitoramento climático em tempo real
- Expansão da metodologia para outras regiões brasileiras

5.6 Contribuição para a Ciência Geográfica

Este estudo estabelece um marco na aplicação de inteligência artificial à geografia climatológica brasileira, demonstrando que a integração criteriosa de IA com conhecimento geográfico tradicional pode gerar insights científicos genuinamente inovadores e aplicações práticas de alto impacto social.

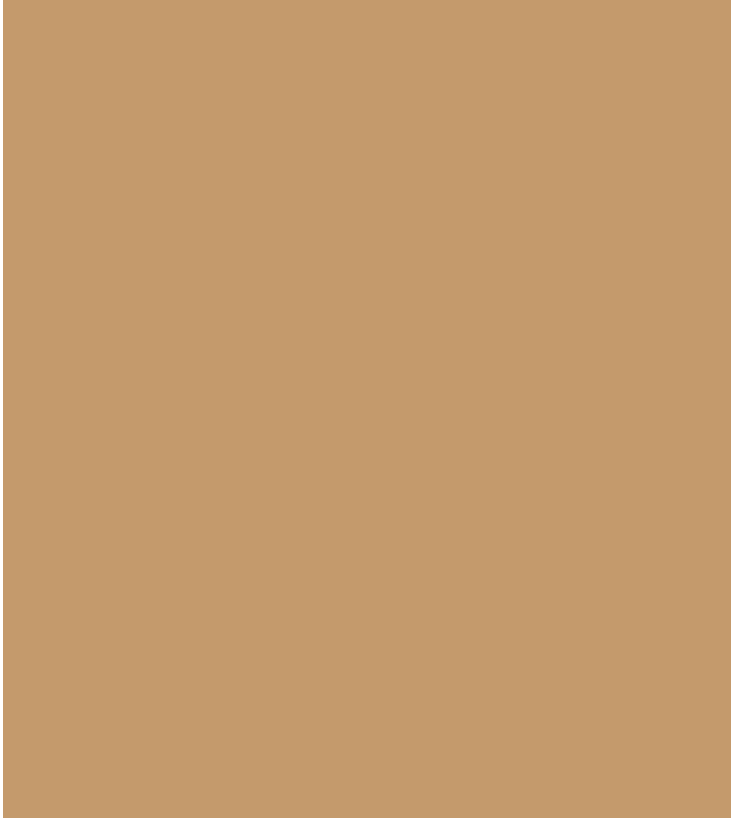
A revolução da inteligência artificial na geografia não representa uma substituição dos métodos tradicionais, mas sim sua potencialização através de ferramentas computacionais avançadas que ampliam nossa capacidade de compreender e prever os complexos processos que moldam nosso planeta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e à National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) pela disponibilização dos dados utilizados neste estudo. Agradecimentos especiais às comunidades de código aberto R e Python, cujas ferramentas tornaram possível a implementação das análises avançadas apresentadas.

Referências Bibliográficas

- Box, G. E. P., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Chen, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2019). Deep learning applications in climate science: Current status and future perspectives. *Agricultural and Forest Meteorology*, 278, 107692.
- Davy, R., Gnaniuk, N., Pettersson, L., & Bobylev, L. (2018). Climate change impacts on Arctic sea ice thickness and volume. *International Journal of Climatology*, 38(4), 1457-1472.
- Diehr, J., Ogunyiola, A., & Dada, O. (2025). Artificial intelligence and machine learning-powered GIS for proactive disaster resilience in a changing climate. *Annals of GIS*, 31(1), 1-18.
- Ferebee, S. (2024). Predicting Tomorrow: A Review of Machine Learning's Role in Shaping Environmental Forecasts. *Premier Journal of Science*, 24(261), 1-15.
- Guo, Q., He, Z., & Wang, Z. (2024). Monthly climate prediction using deep convolutional neural network and long short-term memory. *Scientific Reports*, 14, 18250.
- Heningtiyas, H., & Supriyadi, A. A. (2024). Study of the implementation of geoint and remote sensing in climate change. *Remote Sensing Technology in Data Processing and Environmental Monitoring*, 2(1), 45-58.
- Hopkins, W. G. (2000). A new view of statistics: Correlation coefficient. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>
- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2023). forecast: Forecasting Functions for Time Series and Linear Models. R Package version 8.21. Disponível em: <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/>
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (1990-2024). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BD-MEP). Disponível em: <https://bdmep.inpe.br/>
- Jassim, M. M., Abass, H. K., & Al-Ani, A. R. M. (2024). Deep Learning Approaches for Predicting Climate Change Impacts: An Empirical Analysis. *2024 36th International Conference on Microelectronics (ICM)*, 1-6.
- Kayano, M. T., & Andreoli, R. V. (2007). Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology*, 27(4), 531-540.
- Kumar, R., Goel, R., Sidana, N., Sharma, A. P., & Ghai, S. (2024). Enhancing climate forecasting with AI: Current state and future prospect. *F1000Research*, 13, 1094.
- Mukarram, M. M. T., Rukiya, Q. U., & Demir, I. (2025). GeoAI-based Urban Environmental Forecasting: A Remote Sensing Driven Hybrid Deep Learning and Machine Learning Framework. *EarthArXiv*, preprint.
- Ni, B., & Wang, X. (2024). Geographic research in the AI era: Applications, methods, and prospects. *Geographical Research Bulletin*, 3(0), 103-118.
- NOAA/NCEP/CPC. (2025). Climate Prediction Center Internet Team: Sea Surface Temperature Indices. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>
- Pal, S. K., & Dutta, D. (2024). Transfer Learning in Weather Prediction: Why, How, and What Should. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 3(2), 145-162.
- Qiu, H., Li, T., & Zhang, B. (2024). The impact of climate change on the earth system and its simulation predictions: Progress, challenges, and future directions. *Geographical Research Bulletin*, 3(0), 231-248.
- Qureshi, M. D. A. (2024). Enhancing Weather Prediction Accuracy Using Hybrid Machine Learning Techniques: A Comprehensive Approach. *Computers and Education Letters*, 1(1), 1-12.
- Sailaja, B., Gayatri, S., Rathod, S., & Padmavathi, C. (2024). Spatial temperature prediction—a machine learning and GIS perspective. *Theoretical and Applied Climatology*, 155, 8947-8962.
- Tedeschi, R. G., & Grimm, A. M. (2016). Influences of two types of ENSO on South American precipitation. *Climate Dynamics*, 46(11), 3073-3087.
- Vaiyapuri, T., & Julie, G. (2025). AI and Geospatial Technologies for Climate Change Mitigation: Opportunities, Challenges, and Pathways to Sustainability. *Procedia Computer Science*, 243, 234-241.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., ... & Yutani, H. (2023). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686.
- Yasin, E. H. E., Czimber, K., & Gadallah, N. A. H. (2025). Use of Geospatial Technology and Modeling to Assess and Predict Climate Change Impacts. In *Climate Change and Sustainability* (pp. 151-175). Springer.
- Zhou, T. (2023). Application of artificial intelligence in geography. *Journal of Physics: Conference Series*, 2646(1), 012006.



APROFGEO



ASSOCIAÇÃO DE PROFESSORES DE GEOGRAFIA

📍 Rua C2, lote 9, loja 13 • 1070-023 LISBOA 📞 Tel.: 213 861 490

🌐 WWW.APROFGEO.PT ✉ aprofgeo@gmail.com

