


EDUCAÇÃO AMBIENTAL 4.0: COMO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PODE INCENTIVAR CIDADES SUSTENTÁVEIS**ENVIRONMENTAL EDUCATION 4.0: HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAN PROMOTE SUSTAINABLE CITIES** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.017-005>

Patrícia Gaspar Ferreira da Silva
Mestranda em Educação – PPGE/UFAM
Presidente Figueiredo – Amazonas
E-mail: patriciagaspar.work@gmail.com

RESUMO

Este capítulo discute as interfaces entre Educação Ambiental 4.0 e Inteligência Artificial (IA), analisando como a integração entre inovação tecnológica e processos pedagógicos críticos pode contribuir para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. A partir de uma abordagem interdisciplinar, o texto evidencia a importância da IA no monitoramento ambiental, na gestão urbana e na formulação de políticas públicas, ao mesmo tempo em que destaca os riscos éticos e sociais associados ao seu uso. Argumenta-se que a verdadeira inovação não reside apenas na aplicação de tecnologias avançadas, mas na capacidade de formar cidadãos críticos, conscientes e engajados na transformação socioambiental. Assim, propõe-se que a Educação Ambiental 4.0 seja compreendida como um caminho para fortalecer a cidadania digital ambiental e orientar a construção de cidades mais inclusivas, resilientes e humanizadas.

Palavras-chave: Educação Ambiental 4.0; Inteligência Artificial; Cidades sustentáveis.

ABSTRACT

This chapter discusses the interfaces between Environmental Education 4.0 and Artificial Intelligence (AI), analyzing how the integration of technological innovation and critical pedagogical processes can contribute to the development of sustainable cities. From an interdisciplinary perspective, the text highlights the importance of AI in environmental monitoring, urban management, and public policy-making, while also emphasizing the ethical and social risks associated with its use. It argues that true innovation does not lie solely in the application of advanced technologies, but in the ability to foster critical, conscious, and engaged citizens in socio-environmental transformation. Thus, Environmental Education 4.0 is proposed as a pathway to strengthen digital environmental citizenship and guide the construction of more inclusive, resilient, and humanized cities.

Keywords: Environmental Education 4.0; Artificial Intelligence; Sustainable cities.



1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a intensificação da urbanização, aliada ao consumo crescente de recursos naturais, tem acentuado os desafios ambientais enfrentados pelas cidades. Questões como poluição atmosférica, gestão inadequada de resíduos, escassez hídrica e mudanças climáticas passaram a demandar soluções inovadoras, que envolvem tanto o desenvolvimento de tecnologias quanto a transformação cultural e social da população. Nesse contexto, a **Educação Ambiental** emerge como instrumento essencial para a formação de cidadãos conscientes e engajados com a sustentabilidade, atuando como mediadora entre ciência, sociedade e meio ambiente (Jacobi, 2003).

Com o avanço da chamada **Quarta Revolução Industrial**, marcada pela integração de tecnologias digitais, inteligência artificial, internet das coisas e big data, novos caminhos se abrem para repensar práticas educativas e modelos de gestão urbana. Surge, assim, o conceito de **Educação Ambiental 4.0**, que articula inovação tecnológica e processos pedagógicos críticos, buscando ampliar a participação social em torno da sustentabilidade (Carvalho, 2012). Diferente das abordagens tradicionais, a proposta contemporânea privilegia metodologias interativas, colaborativas e adaptativas, que dialogam com os desafios da sociedade digital.

A **Inteligência Artificial (IA)**, em especial, apresenta-se como uma ferramenta estratégica nesse processo. Sua capacidade de coletar, analisar e interpretar grandes volumes de dados ambientais permite desenvolver políticas públicas mais eficazes, além de apoiar práticas educativas inovadoras que incentivem a construção de cidades sustentáveis (Batty, 2018). Simulações urbanas, sistemas de monitoramento em tempo real e plataformas de aprendizagem personalizada já demonstram o potencial da IA para transformar tanto a gestão do espaço urbano quanto o engajamento dos cidadãos.

Entretanto, é preciso reconhecer que tais avanços tecnológicos também trazem riscos e dilemas éticos. A exclusão digital, a dependência tecnológica e o uso inadequado de dados representam obstáculos que precisam ser enfrentados para que a IA realmente contribua para sociedades mais inclusivas e ambientalmente responsáveis (UNESCO, 2021).

Assim, este capítulo busca refletir sobre o papel da Educação Ambiental 4.0 como articuladora entre tecnologia e sustentabilidade, investigando de que forma a inteligência artificial pode se tornar aliada na construção de cidades resilientes e socialmente justas.

2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ERA DIGITAL

A Educação Ambiental consolidou-se, a partir da década de 1970, como campo essencial para a construção de sociedades sustentáveis. Marco importante desse processo foi a Conferência de Estocolmo, em 1972, promovida pela Organização das Nações Unidas, que inseriu a questão ambiental no debate internacional e estimulou políticas educativas voltadas à sustentabilidade (Dias, 2004). Desde então,



diversos documentos e acordos internacionais — como a Conferência de Tbilisi, em 1977, e a Rio-92 — reforçaram a necessidade de incorporar a dimensão ambiental em todas as esferas do ensino, priorizando o desenvolvimento de uma consciência crítica e transformadora (Sauvé, 2005).

No Brasil, a Educação Ambiental foi institucionalizada com a **Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999)**, que definiu a prática como um componente permanente e essencial da educação nacional. Mais do que transmitir informações sobre ecologia, a legislação destaca a importância da participação social, do pensamento crítico e do engajamento político na defesa do meio ambiente (Loureiro, 2004). Assim, a Educação Ambiental assume um papel emancipador, ao propor mudanças de valores, atitudes e práticas sociais (Guimarães, 2000).

Com a aceleração da revolução tecnológica, especialmente a partir dos anos 2000, emergem novos cenários educativos. A difusão das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) ampliou o acesso ao conhecimento, favorecendo metodologias mais interativas e colaborativas. Plataformas digitais, ambientes virtuais de aprendizagem e redes sociais passaram a integrar a prática pedagógica, gerando oportunidades, mas também desafios relacionados à exclusão digital e à superficialidade dos conteúdos (Kenski, 2012).

Nesse contexto, surge a noção de **Educação Ambiental 4.0**, inspirada nos princípios da Indústria 4.0 e adaptada ao campo educacional. Essa perspectiva busca potencializar processos de ensino-aprendizagem por meio da integração entre tecnologia digital, inovação pedagógica e engajamento socioambiental. Mais do que utilizar recursos tecnológicos, a proposta consiste em formar cidadãos críticos e capazes de atuar em uma sociedade complexa, marcada por rápidas transformações (Carvalho, 2012).

Portanto, a Educação Ambiental na era digital deve ser compreendida como uma oportunidade para renovar metodologias, aproximar o estudante da realidade urbana e ambiental, e fomentar a criação de soluções inovadoras para os problemas socioambientais contemporâneos. Trata-se de reconhecer a tecnologia não apenas como ferramenta de apoio, mas como parte constitutiva de uma pedagogia voltada para a sustentabilidade e para a cidadania ativa.

3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUSTENTABILIDADE URBANA

O crescimento populacional e a intensa urbanização têm ampliado os desafios para a sustentabilidade nas cidades. Problemas como poluição atmosférica, gestão de resíduos sólidos, mobilidade urbana e escassez hídrica demandam soluções inovadoras, que combinem ciência, tecnologia e participação social. Nesse cenário, a **Inteligência Artificial (IA)** desponta como uma ferramenta estratégica capaz de apoiar o planejamento urbano sustentável, otimizando a gestão de recursos e ampliando a eficiência de políticas públicas (Batty, 2018).

A IA, entendida como sistemas computacionais capazes de aprender, analisar grandes volumes de dados e tomar decisões autônomas (Russell & Norvig, 2016), tem sido incorporada em diversas frentes do



desenvolvimento urbano. No campo ambiental, um exemplo relevante é o uso de sensores inteligentes e algoritmos de aprendizado de máquina para o monitoramento em tempo real da qualidade do ar e da água. Esses sistemas permitem prever picos de poluição, subsidiando gestores públicos na implementação de ações preventivas (Kumar et al., 2015).

Outro aspecto é a gestão de resíduos sólidos. Cidades como Copenhague e Barcelona já utilizam plataformas baseadas em IA para otimizar a coleta seletiva, ajustando rotas de caminhões e reduzindo emissões de carbono (Caragliu, Del Bo & Nijkamp, 2011). Na mobilidade urbana, a IA tem possibilitado o desenvolvimento de sistemas de transporte inteligentes, que utilizam dados de tráfego para reduzir congestionamentos e incentivar o uso de meios de transporte coletivos e menos poluentes (Townsend, 2013).

Além da aplicação prática, a IA também contribui para a formulação de políticas públicas mais assertivas. A análise de big data permite identificar padrões de consumo energético, riscos de alagamentos e áreas vulneráveis a desastres ambientais, oferecendo suporte à tomada de decisão e à implementação de políticas voltadas à resiliência urbana (Batty, 2018).

Contudo, é fundamental ressaltar que o uso da IA em cidades inteligentes deve estar orientado por princípios éticos e de justiça social. A exclusão digital e o acesso desigual à tecnologia podem ampliar desigualdades já existentes, reforçando a necessidade de integrar a inovação tecnológica à participação cidadã e à educação crítica (UNESCO, 2021).

Assim, a Inteligência Artificial, quando aplicada de forma consciente e integrada à Educação Ambiental, tem potencial para não apenas modernizar a gestão urbana, mas também promover cidades mais inclusivas, resilientes e ambientalmente sustentáveis.

3.1 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO URBANO

A Inteligência Artificial (IA), definida como a capacidade de sistemas computacionais em aprender, analisar grandes volumes de dados e gerar soluções autônomas (Russell & Norvig, 2016), tem se mostrado um recurso estratégico no enfrentamento dos desafios urbanos contemporâneos. Sua aplicação no planejamento sustentável permite ampliar a eficiência da gestão pública e desenvolver políticas mais eficazes voltadas à preservação ambiental (Batty, 2018).

3.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL INTELIGENTE

O monitoramento em tempo real da qualidade do ar, da água e do solo é um dos usos mais relevantes da IA em contextos urbanos. Sensores inteligentes, associados a algoritmos de aprendizado de máquina, possibilitam prever picos de poluição e identificar áreas de risco, fornecendo subsídios para ações



preventivas e de mitigação (Kumar et al., 2015). Essas soluções vêm sendo utilizadas em grandes centros urbanos como Nova Iorque e Londres, com impactos positivos na saúde pública e na qualidade de vida.

3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A coleta e o tratamento de resíduos representam um dos principais desafios para cidades em crescimento. Ferramentas de IA já vêm sendo aplicadas em cidades como Barcelona e Copenhague para otimizar rotas de coleta, reduzir custos e minimizar emissões de carbono. Essas plataformas utilizam dados de sensores instalados em lixeiras inteligentes, ajustando o trabalho em tempo real de acordo com a demanda (Caragliu, Del Bo & Nijkamp, 2011).

3.4 MOBILIDADE URBANA INTELIGENTE

O setor de transporte é uma das áreas mais impactadas pela aplicação da IA. Sistemas de gestão de tráfego baseados em big data analisam fluxos de veículos e pedestres, propondo rotas alternativas para reduzir congestionamentos e estimular o uso de meios de transporte menos poluentes (Townsend, 2013). Além disso, veículos autônomos e aplicativos de transporte sustentável representam novas possibilidades para reconfigurar a mobilidade urbana de forma inclusiva e ecológica.

3.5 BIG DATA E FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A análise de grandes volumes de dados ambientais e sociais, viabilizada pela IA, permite identificar padrões de consumo energético, riscos de alagamentos e áreas vulneráveis a desastres naturais. Esse recurso oferece aos gestores públicos evidências concretas para a formulação de políticas mais assertivas e preventivas, fortalecendo a resiliência das cidades (Batty, 2018).

3.6 DESAFIOS ÉTICOS E SOCIAIS

Embora apresente grande potencial, a utilização da IA em contextos urbanos levanta questões éticas importantes. O risco de exclusão digital, a privacidade dos dados e o acesso desigual à tecnologia podem intensificar desigualdades sociais, sobretudo em países em desenvolvimento. Por isso, o uso da IA deve estar orientado por princípios de justiça social, participação cidadã e sustentabilidade, integrando tecnologia e educação crítica (UNESCO, 2021).

4 INTERFACES ENTRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL 4.0 E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A convergência entre Educação Ambiental e Inteligência Artificial (IA) representa uma oportunidade inédita para renovar práticas pedagógicas e fortalecer o engajamento social em torno da sustentabilidade. Mais do que uma ferramenta tecnológica, a IA pode atuar como mediadora de processos



formativos, favorecendo a personalização do aprendizado, a análise crítica de dados ambientais e a criação de soluções colaborativas para os desafios urbanos.

4.1 PLATAFORMAS EDUCATIVAS INTELIGENTES

As plataformas digitais baseadas em IA permitem adaptar conteúdos conforme o perfil de cada estudante, tornando a aprendizagem mais dinâmica e significativa. Ambientes virtuais inteligentes oferecem trilhas personalizadas, que estimulam o protagonismo do aluno e facilitam o acesso a informações sobre sustentabilidade (Kenski, 2012). Esse tipo de recurso fortalece a autonomia e amplia a compreensão de temas complexos, como mudanças climáticas e gestão de recursos naturais.

4.2 GAMIFICAÇÃO E APRENDIZAGEM ADAPTATIVA

A gamificação, quando associada à IA, potencializa a Educação Ambiental ao criar experiências interativas que simulam cenários urbanos e ambientais. Jogos educativos com algoritmos adaptativos ajustam os desafios de acordo com o desempenho do aluno, favorecendo o engajamento e a aprendizagem ativa (Gee, 2003). Tais estratégias aproximam a temática ambiental da realidade cotidiana, estimulando a criatividade e a responsabilidade socioambiental.

4.3 BIG DATA COMO RECURSO PEDAGÓGICO

O uso de big data, analisado por sistemas de IA, pode ser integrado a práticas educativas, permitindo que estudantes explorem dados reais sobre poluição, mobilidade urbana, energia ou consumo de água. Essa abordagem favorece a aprendizagem baseada em problemas (PBL), na qual os alunos investigam questões concretas e desenvolvem soluções aplicáveis ao seu contexto social (Jacobi, 2003). Assim, os dados se tornam instrumentos para formar cidadãos críticos e capazes de propor mudanças.

4.4 LABORATÓRIOS VIRTUAIS E SIMULAÇÕES AMBIENTAIS

Ambientes imersivos de simulação, potencializados pela IA, possibilitam recriar cenários urbanos complexos, como a expansão do consumo energético ou os impactos do desmatamento. Essas ferramentas oferecem ao estudante a chance de visualizar consequências de diferentes escolhas coletivas e compreender a interdependência entre sociedade, economia e meio ambiente (Carvalho, 2012).

4.5 CIÊNCIA CIDADÃ MEDIADA POR IA

A integração da IA a projetos de ciência cidadã amplia a participação social no monitoramento ambiental. Aplicativos que coletam dados de qualidade do ar, uso da água ou biodiversidade permitem que cidadãos contribuam com informações relevantes para a pesquisa e para a gestão pública. Esse movimento



democratiza o acesso à ciência, fortalece a cidadania ambiental e aproxima a educação das práticas de engajamento coletivo (Bonney et al., 2009).

4.6 LIMITES E PRECAUÇÕES

Apesar das inúmeras potencialidades, é necessário refletir criticamente sobre os limites da IA na Educação Ambiental. O risco de superficialidade no uso de recursos digitais, a exclusão de grupos sem acesso à tecnologia e os dilemas éticos relacionados à coleta de dados são aspectos que exigem cautela (UNESCO, 2021). A inovação tecnológica só terá efeito transformador se associada a valores de justiça social, inclusão e participação comunitária.

5 DESAFIOS ÉTICOS E SOCIAIS

A incorporação da Inteligência Artificial (IA) na Educação Ambiental 4.0 e nas cidades inteligentes apresenta um grande potencial transformador. Contudo, também levanta dilemas éticos e sociais que não podem ser ignorados. A tecnologia, quando utilizada de forma acrítica, pode reforçar desigualdades, limitar direitos e comprometer os princípios de justiça socioambiental. Assim, compreender esses desafios é essencial para orientar o uso responsável da IA em prol da sustentabilidade.

5.1 EXCLUSÃO DIGITAL E DESIGUALDADE DE ACESSO

O acesso às tecnologias digitais ainda é profundamente desigual. Em países em desenvolvimento, grande parte da população não dispõe de infraestrutura básica, como internet de qualidade ou dispositivos tecnológicos adequados. Isso cria barreiras para a participação cidadã em iniciativas de educação e sustentabilidade mediadas por IA (Neri, 2020). Sem políticas públicas inclusivas, a transição para cidades inteligentes pode ampliar a exclusão social, em vez de reduzi-la.

5.2 VIGILÂNCIA E PRIVACIDADE DE DADOS

A coleta massiva de informações ambientais e sociais, mediada por sistemas de IA, levanta preocupações quanto à privacidade e ao uso ético dos dados. A vigilância excessiva pode comprometer direitos fundamentais e gerar desconfiança em relação às políticas públicas (Zuboff, 2019). No campo educacional, o monitoramento digital de estudantes também exige cautela, já que envolve dados sensíveis que devem ser protegidos por legislações específicas, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) no Brasil.



5.3 DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA E SUPERFICIALIDADE EDUCATIVA

Embora os recursos digitais tragam inovações importantes, existe o risco de uma dependência excessiva da tecnologia. A centralidade da IA pode reduzir o espaço para a reflexão crítica e o diálogo humano, elementos fundamentais da Educação Ambiental (Loureiro, 2004). Além disso, o uso de plataformas digitais sem mediação adequada pode levar a uma aprendizagem superficial, baseada mais na interação com ferramentas do que na compreensão dos problemas socioambientais.

5.4 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E CONCENTRAÇÃO DE PODER

As tecnologias de IA são majoritariamente desenvolvidas por grandes corporações globais, o que gera concentração de poder econômico e político (Castells, 2009). Essa centralização pode limitar a autonomia das comunidades locais e restringir o protagonismo da sociedade civil na formulação de soluções sustentáveis. É fundamental garantir que as inovações tecnológicas sejam apropriadas de forma democrática e participativa.

5.5 ÉTICA NO USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A aplicação ética da IA em contextos educacionais e urbanos requer transparência, responsabilidade e inclusão. Diretrizes internacionais, como as propostas pela UNESCO (2021), destacam a necessidade de garantir que a IA seja utilizada de forma a promover direitos humanos, diversidade cultural e justiça social. Isso implica pensar a tecnologia não apenas como ferramenta, mas como parte de um projeto coletivo de sociedade sustentável e equitativa.

6 PERSPECTIVAS FUTURAS PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS

Considerar o futuro das cidades envolve uma interseção de inovação tecnológica, justiça social e consciência ambiental. Cidades sustentáveis não se baseiam apenas em uma ferramenta (nesse caso, IA), mas em como são utilizadas e adotadas por governos, escolas e comunidades. Nessa situação, a Educação Ambiental 4.0 desempenha um papel estratégico: educar os cidadãos com capacidade de conhecimento crítico para usar tecnologias digitais, levando em conta valores humanos, éticos e coletivos.

6.1 PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO À SUSTENTABILIDADE

A aplicação da IA no planejamento urbano pode criar cidades mais resilientes e inclusivas. Modelos de simulação baseados em big data podem ser usados para ajudar a prever enchentes, limitar congestionamentos e recomendar estratégias eficientes em termos de energia (Batty, 2018). Mas o futuro não pode ser apenas sobre sofisticação técnica. A dimensão cultural e social deve ser incluída, levando em consideração que cada território possui sua própria história, demandas e estilos de vida (Jacobi, 2003).



6.2 CIDADANIA AMBIENTAL DIGITAL

Injustiça social na sociedade digital. Um dos desafios do século 21 é evitar que a transformação digital se torne exclusão social. Cidadania ambiental digital. É nesse raciocínio que surge o conceito de cidadania ambiental digital, referindo-se à possibilidade de indivíduos e coletivos organizados se mobilizarem por meio das tecnologias, participando de decisões públicas, monitorando políticas ambientais e buscando soluções locais (Carvalho, 2012). Ao permitir esse tipo de participação ativa, fortalecem-se os laços comunitários e amplia-se a democracia na cidade.

6.3 CONVERGÊNCIA ENTRE TECNOLOGIA, EDUCAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS

A evolução das cidades inteligentes depende da convergência de tecnologia e política. Nesse sentido, a UNESCO (2021) defende que a tecnologia terá um resultado favorável se for apoiada por projetos educacionais que melhorem a alfabetização ambiental e por políticas que ajudem a reduzir desigualdades estruturais. Isso requer não apenas investimento em redes digitais, mas também na educação das pessoas para a participação.

6.4 O CONCEITO DE INOVAÇÃO A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA ÉTICA E HUMANIZADORA

Mais importante do que cidades inteligentes é humanizar nossas cidades onde a tecnologia nos ajude a todos. Não há progresso científico e tecnológico que não esteja ligado a uma ética de responsabilidade, considerando a complexidade das relações entre homens, natureza e sociedade (Morin, 2011). Nessa perspectiva, a Educação Ambiental 4.0 deve gerar lideranças não apenas para habilidades digitais, mas também para empatia, solidariedade e compromisso com as futuras gerações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre tecnologia e sustentabilidade vem se tornando um dos maiores desafios contemporâneos. Ao longo deste capítulo, buscou-se evidenciar que a Inteligência Artificial (IA), quando integrada à **Educação Ambiental 4.0**, pode se tornar uma aliada fundamental na construção de cidades mais justas, resilientes e equilibradas. Entretanto, ficou igualmente claro que o potencial da tecnologia não se realiza de forma automática: é necessário direcionamento ético, político e pedagógico.

A Educação Ambiental, desde suas origens, sempre teve como propósito formar sujeitos críticos e engajados com a transformação social (Jacobi, 2003; Guimarães, 2000). Na era digital, essa missão ganha novos contornos, pois a cidadania passa a ser exercida também no espaço virtual, em meio a dados, algoritmos e plataformas digitais. Assim, não basta que os cidadãos aprendam a usar as ferramentas; é



preciso que compreendam seus impactos, limites e possibilidades, construindo uma relação consciente com a inovação tecnológica.

As cidades do futuro não poderão ser sustentáveis se permanecerem marcadas pela desigualdade, pela exclusão digital e pela apropriação concentrada da tecnologia. O caminho para a sustentabilidade urbana passa pelo fortalecimento da participação cidadã, pela democratização do acesso à informação e pela integração entre ciência, políticas públicas e saberes locais. Nesse cenário, a IA pode contribuir não apenas com eficiência e otimização, mas também com a ampliação de processos educativos e colaborativos que envolvam a sociedade como um todo (UNESCO, 2021).

Conclui-se, portanto, que a verdadeira inovação não está somente nas máquinas, mas na capacidade humana de reinventar suas práticas coletivas, seus valores e suas formas de habitar o planeta. Mais do que cidades inteligentes, o que se almeja são cidades **humanas e sustentáveis**, onde a tecnologia seja um meio e não um fim, e onde a Educação Ambiental 4.0 seja um instrumento de transformação para as atuais e futuras gerações.



REFERÊNCIAS

- BATY, Michael. *Inventing future cities*. Cambridge, MA: MIT Press, 2018.
- BONNEY, Rick; COOPER, Caren B.; DICKINSON, Janis; KELLING, Steve; PHILLIPS, Tina; ROSENBERG, Kenneth V.; SHIRK, Jennifer. Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *BioScience*, v. 59, n. 11, p. 977-984, 2009.
- CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.
- CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2012.
- CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede*. 7. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009.
- DIAS, Genebaldo Freire. *Educação ambiental: princípios e práticas*. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2004.
- GEE, James Paul. *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave Macmillan, 2003.
- GUIMARÃES, Mauro. *A dimensão ambiental na educação*. Campinas: Papirus, 2000.
- JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Cadernos de Pesquisa*, n. 118, p. 189-205, 2003.
- KENSKI, Vani Moreira. *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.
- KUMAR, Prashant; DEY, Sagnik; GOGOI, P.; GOURAV, M.; KUMAR, A.; KUMAR, R. et al. The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment International*, v. 75, p. 199-205, 2015.
- LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. *Educação ambiental e movimentos sociais na construção da cidadania ecológica*. São Paulo: Cortez, 2004.
- MORIN, Edgar. *A via: para o futuro da humanidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial intelligence: a modern approach*. 3. ed. New Jersey: Pearson, 2016.
- SAUVÉ, Lucie. Educação ambiental: possibilidades e limitações. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 2, p. 317-322, 2005.
- TOWNSEND, Anthony M. *Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. New York: W. W. Norton & Company, 2013.
- UNESCO. *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. Paris: UNESCO, 2021.
- ZUBOFF, Shoshana. *The age of surveillance capitalism: the fight for a human future at the new frontier of power*. New York: PublicAffairs, 2019.