

# A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO TECNOLOGIA LIMPA AOS OLHOS DO DIREITO AMBIENTAL CONSTITUCIONAL

*Artificial intelligence as a clean technology in the eyes of constitutional environmental law*

**Frederico Antônio Lima de Oliveira<sup>1</sup>**

Universidade de Lisboa

**Francisco das Chagas Silva Melo Filho<sup>2</sup>**

Universidade de Salamanca

DOI: <https://doi.org/10.62140/FOFM512025>

**Sumário:** Introdução. 1.0 Inteligência Artificial. 2.0 Direito Ambiental Constitucional. 3.0 Tecnologia Limpa. Considerações finais. Referências Bibliográficas.

**Resumo:** O presente texto desenvolve-se na perspectiva e objetivo de investigar se a Inteligência Artificial é uma tecnologia limpa, neste caso, utilizada através de um diálogo com o Direito Ambiental Constitucional. Foram utilizados o método dedutivo, através de pesquisa de dados qualitativos, aplicados à resolução do presente problema, bem como, de análise bibliográfica e de informações pesquisadas na Internet. Em conclusão, constatou-se que a Inteligência Artificial tem um grande potencial para ser considerada uma tecnologia limpa (*clean technology*) através de suas várias aplicações em consonância com a proteção do meio ambiente.

---

<sup>1</sup> Doutor em Direito Constitucional (PUC/SP). Mestre em Direito Administrativo (UFPA). Pós-doutor em Ciências Jurídico-Políticas da Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa (FDUL). Pós-doutorando pela Universidade de Curitiba – UNICURITIBA. Pós-doutorando pela Universidade Lusófona do Porto (Pt). Líder do Grupo de Estudos e Pesquisas em Constituições, Estruturalismo e Novos Direitos – GEPCEND do Mestrado em Direitos Fundamentais (PPGDF) da Universidade da Amazônia - UNAMA. Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Pará – MPE/PA. E-mail: [ffoliveira10@gmail.com](mailto:ffoliveira10@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-9297-2223>.

<sup>2</sup> Doutorando em Direito pela Universidade de Salamanca - USAL. Mestre em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direitos Fundamentais da Universidade da Amazônia - UNAMA. Especialista em Direito pela Universidade de Salamanca - USAL. Deputado Estadual, atualmente é Presidente da Assembleia Legislativa do Estado do Pará - ALEPA.

**Palavras-Chave:** Inteligência Artificial, Direito Ambiental, Tecnologia Limpa.

**Abstract:** This text is developed from the perspective and objective of investigating whether Artificial Intelligence is a clean technology, in this case, used through a dialogue with Constitutional Environmental Law. The deductive method was used, through qualitative data research, applied to solving this problem, as well as bibliographic analysis and information researched on the Internet. In conclusion, it was found that Artificial Intelligence has great potential to be considered a clean technology through its various applications in line with environmental protection.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Environmental Law, Clean Technology.

## INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como uma tecnologia destinada a substituir o uso de inúmeros recursos naturais, como por exemplo o papel, e tem sido considerada uma revolução desde a década de sessenta, se considerarmos a sua origem na Conferência de *Dartmouth College (New Hampshire, EUA)*, sobretudo agora em conexão com a Internet, cujo marco inicial no Brasil é o ano de 1995 (Internet Comercial). Os impactos na economia são incontáveis, sobretudo, com o uso dos algoritmos, otimizando processos, reduzindo o consumo de recursos naturais e, logo, diminuindo os impactos ambientais. O presente artigo desenvolve-se na perspectiva e finalidade de investigar se a Inteligência Artificial utilizada na contemporaneidade através de software e hardware é uma tecnologia limpa de conformidade com os conceitos adotados pelo Direito Ambiental Constitucional. Foram utilizados o método dedutivo, através de pesquisa de dados qualitativos, aplicados a resolução do presente problema, bem como, de análise bibliográfica e de informações pesquisadas na Internet.

Assim, se investigam três fatores que envolvem a respectiva problemática social e tecnológica complexa, quais sejam: a) Inteligência Artificial; b) Direito Ambiental Constitucional; e c) Tecnologias Limpas. Apesar da complexidade em conceituar a Inteligência Artificial pode-se dizer que é uma habilidade de entender e solucionar adversidades ou problemas, adaptando-se a circunstâncias novas.” (Lage, 2022, p.32). Já a segunda realidade, Direito Constitucional Ambiental, trata-se de um ramo do Direito que, em síntese, investiga a previsão normativa Constitucional destinada ao Meio Ambiente e sua hermenêutica, do qual nos servimos aqui como ponto e início para chegarmos ao conceito de tecnologia limpa, sobretudo, através de seu preceito geral constitucional previsto no art. 225, CR/88. Logo, é possível indagar se a denominada Inteligência Artificial é mesmo uma tecnologia limpa?

Em um mundo cada vez mais consciente dos impactos ambientais causados pela atividade humana, a tecnologia limpa surge como uma resposta inovadora e sustentável para a mitigação desses impactos. No âmbito do direito ambiental, a tecnologia limpa é vista como

um instrumento essencial para a promoção de um desenvolvimento econômico que esteja em harmonia com a preservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente. Este artigo busca elucidar se a Inteligência Artificial é parte do conceito de tecnologia limpa sob a perspectiva do Direito Ambiental Constitucional, destacando sua importância e os desafios para sua implementação efetiva. Assim, se passa a enfrentar os conceitos pesquisados.

## 1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Pensar em um mundo conectado pelas redes de informações, ora local, ora mundial como a Internet, nos leva a uma quantidade exponencial de dados em circulação e em conexão, assim, a tecnologia tem trazido inúmeros avanços científicos, sobretudo na área das tecnologias informacionais e pesquisa, permitindo a visualização e a observação de aspectos sobre o objeto de pesquisa nunca revelados ou possíveis para a mente humana. Ocorre que, com essa nova visão de mundo, e sobretudo, o volume de dados coletados, reunidos e tratados, foi possível que a sociedade pudesse organizar máquinas que reunissem todos esses dados, tratassem e processassem em larga escala tornando esse volume de bits mais acessível e compreensível. Criptografia, computadores, softwares, redes informatizadas e tecnologias para os mais variados objetivos foram criados para a realização de tarefas humanas complexas, sobretudo, as repetitivas. Logo, percorrendo essa evolução científica podemos chegar à uma denominada “Inteligência Artificial” que pode ser conceituada de várias formas, como por exemplo, enfocam Russel, Norvig, 2022, p.1,

Afirmamos que a IA é interessante, mas não dissemos o que ela é. Historicamente, os pesquisadores têm seguido diversas versões diferentes de IA. Alguns têm definido a inteligência em termos de fidelidade ao desempenho *humano*, enquanto outros preferem uma definição abstrata e formal da Inteligência, chamada de **racionalidade** - em termos gerais, fazer a “coisa certa”. O tema em si também varia: alguns consideram a inteligência como uma propriedade dos *processos de pensamento e raciocínio* internos, enquanto outros enfocam o *comportamento* inteligente, uma caracterização externa. Dessas duas dimensões - humano contra racional, pensamento contra o comportamento - existem quatro combinações possíveis, com adeptos e programas de pesquisa para todas as quatro. Os métodos usados são necessariamente diferentes: a busca da inteligência semelhante à humana deve ser em parte uma ciência empírica relacionada à psicologia, envolvendo observações e hipóteses sobre o comportamento humano real e os processos de pensamento; uma abordagem racionalista, por outro lado, envolve uma combinação de matemática e engenharia, que se conecta a estatística, teoria, de controle e economia. Cada grupo tem ao mesmo tempo desacreditado e ajudado o outro. (...) (Russel, Norvig, 2022, p.1)

A busca pela implementação de uma assim denominada e eficiente Inteligência Artificial ganha forma nunca vista na contemporaneidade, a partir de mecanismos que organizam um intenso fluxo de dados que jamais podem, da mesma forma e velocidade, ser processados pela mente humana ocasionando também uma antecipação evolutiva ou para Russel um *acelerador evolutivo* (Russell, 2021, p. 27) e, de outro lado, a possibilidade de um *dano sistêmico* devastador quando se pensa que o mesmo diálogo pode levar a resultados antiéticos e, sobretudo, perigosos como as receitas “literárias” de armas biológicas, etc.

A relevância é tanta na tecnologia que em maio de 2023 a China adotou o que denominou de “Medidas Provisórias para Gestão de Serviços de Inteligência Artificial Generativa”, sendo que, conforme o artigo 2º desta normativa, notadamente exclui de seu âmbito de regulação as organizações industriais, empresas, instituições educacionais e de pesquisa científica, instituições culturais públicas, instituições profissionais relevantes, etc. que desenvolverem e aplicarem tecnologia de inteligência artificial generativa como pesquisa, mas não para o público, ou seja, a normativa só se aplica para os consumidores, estando livre a pesquisa para os desenvolvedores, de amarras legislativas naquele país. Logo, a referida norma aplica-se a serviços de inteligência artificial generativa operada por consumidores (destinatários finais), excluídos os desenvolvedores de IA. A respectiva norma assim prevê em seu art. 1º,

Artigo 1º A fim de promover o desenvolvimento saudável e a aplicação padronizada da inteligência artificial generativa, salvaguardar a segurança nacional e os interesses públicos sociais, e proteger os direitos e interesses legítimos dos cidadãos, pessoas colectivas e outras organizações, de acordo com a "Lei de Segurança Cibernética do República Popular da China" e a "Lei de Segurança de Dados da República Popular da China" Estas medidas são formuladas por leis e regulamentos administrativos como a "Lei de Proteção de Informações Pessoais da República Popular da China" e a "Lei do Progresso Científico e Tecnológico da República Popular da China". (China, 2023)

No mesmo sentido, em recente regulamentação da Inteligência Artificial (2024), senão a mais abrangente até agora e tomando como principal alvo o risco, a União Europeia assim dispôs

A finalidade do presente regulamento é promover a adoção de uma inteligência artificial centrada no ser humano e fiável e assegurar um elevado nível de proteção da saúde, da segurança, dos direitos fundamentais, da democracia, do Estado de direito e do ambiente contra os efeitos nocivos dos sistemas de

inteligência artificial na União, apoiando simultaneamente a inovação e melhorando o funcionamento do mercado interno. O presente regulamento estabelece um quadro jurídico uniforme para o desenvolvimento, a colocação no mercado, a entrada em serviço e a utilização de inteligência artificial em conformidade com os valores da União e assegura a livre circulação transfronteiras de produtos e serviços baseados em inteligência artificial, evitando assim que os Estados Membros imponham restrições ao desenvolvimento, à comercialização e à utilização dos sistemas de inteligência artificial (sistemas IA), salvo se explicitamente autorizado pelo presente regulamento. Determinados sistemas de IA podem também ter impacto na democracia, no Estado de direito e no ambiente. Estas preocupações são especificamente abordadas nos setores críticos e enunciam casos enumerados nos anexos do presente regulamento. (União Europeia, 2024)

Verifica-se o pioneirismo da referente legislação na abrangência de seu objeto, ou seja, aplicável tanto ao desenvolvimento da pesquisa em IA como ao consumo, muito embora a China já tenha caminhado, sobretudo, no enfoque do uso dos consumidores. Consta-se que houve a preocupação com valores fundamentais, quais sejam, o ser humano, a proteção da saúde, da segurança, dos direitos fundamentais, da democracia, do Estado de direito e, sobretudo, para o presente texto, da tutela do ambiente, e contra os seus efeitos nocivos.

No Brasil, conforme o buscador “Rede de Informação Legislativa e Jurídica - LexML”<sup>3</sup>, através do verbete “Inteligência Artificial” encontram-se vinte e dois Projetos de Lei desde o ano de 2019 graças à complexidade do tema que envolve todos os setores da sociedade, local, regional e global e, como mesmo deu relevo a normativa da União Europeia recém aprovada, ao extremo risco dos malefícios que podem advir do seu uso. Assim, observando a relevância multissetorial e multidisciplinar podemos destacar a minuta de substitutivo para instruir a apreciação dos Projetos de Lei n°s 5.051, de 2019, 21, de 2020, e 872, de 2021<sup>4</sup>, que têm como objetivo estabelecer princípios, regras, diretrizes e fundamentos para regular o desenvolvimento e a aplicação da Inteligência Artificial no Brasil. Por conseguinte,

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://www.lexml.gov.br/busca>. Acesso em: 20 nov. 2023. Ver também Decreto n° 11.263, de 22 de Novembro de 2022 que prevê a prorrogação, por até um ano, de contratos por tempo determinado de profissionais para atuar no desenvolvimento de atividades no Projeto Big Data e Inteligência Artificial do Sistema Nacional de Informações de Segurança Pública, Prisionais, de Rastreabilidade de Armas e Munições, de Material Genético, de Digitais e de Drogas - Sinesp, no âmbito do Ministério da Justiça e Segurança Pública, com vistas a atender a necessidade temporária de excepcional interesse público.

<sup>4</sup> BRASIL. **Relatório Final. Minuta de substitutivo aos Projetos de Leis (PLs) n°s 5.051, de 2019, 21, de 2020, e 872, de 2021**. Brasília, 06 dez. 2022. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9221643&disposition=inline>. Acesso em: 20 nov. 2023.

Seu objetivo normativo é conciliar uma abordagem baseada em riscos com uma modelagem regulatória baseada em direitos. Ao mesmo tempo em que se preveem instrumentos de governança para que sejam Coordenação de Comissões Especiais, Temporárias e Parlamentares de Inquérito prestadas contas e seja premiada a boa-fé dos agentes econômicos que gerenciam de forma eficaz os riscos em torno da concepção e implementação de sistemas de inteligência artificial, também há uma forte carga obrigacional para florescimento do escrutínio individual e social a seu respeito.

Nesse sentido, o segundo capítulo deste projeto de lei é dedicado à previsão de direitos e deveres, de acordo com os efeitos de um sistema de inteligência artificial na vida das pessoas. Além de fixar direitos básicos e transversais para todo e qualquer contexto em que há interação entre máquina e ser humano (e.g., de informação e transparência), intensifica-se tal carga obrigacional quando o sistema de IA produz efeitos jurídicos relevantes ou impactem os sujeitos de maneira significativa (e.g., direito de contestação e intervenção humana). Busca-se assegurar contraditório e ampla defesa – devido processo informacional – a quem possa ter direitos e liberdades afetadas por uma decisão totalmente ou parcialmente automatizada. (Brasil, 2022)

A respectiva proposição legislativa brasileira trouxe em sua estrutura: a) objetivos (art. 1º); b) fundamentos (art. 2º); c) princípios (art. 3º); d) definições (art. 4º); e) direitos das pessoas (arts. 5º e 6º); e) direito de informação (arts. 7º-11º); f) direito à não-discriminação (art. 12); g) categorização de riscos (arts. 13-18); h) governança (art. 19-21); i) avaliação de impacto algorítmico (arts. 22-26); j) responsabilidade civil (arts. 27-29); k) códigos de boas práticas (art. 30); l) Comunicação de incidentes (art. 31); m) supervisão e fiscalização (arts. 32-35); n) sanções administrativas (arts. 36-37); o) fomento à inovação (arts. 38-42); p) base de dados (arts. 43-44); e q) vigência (art. 45). Importante citar o conceito jurídico de Inteligência Artificial que está previsto no art. 4º,

I – sistema de inteligência artificial: sistema computacional, com graus diferentes de autonomia, desenhado para inferir como atingir um dado conjunto de objetivos, utilizando abordagens baseadas em aprendizagem de máquina e/ou lógica e representação do conhecimento, por meio de dados de entrada provenientes de máquinas ou humanos, com o objetivo de produzir previsões, recomendações ou decisões que possam influenciar o ambiente virtual ou real. (Brasil, 2022)

É justamente a produção de previsões, recomendações ou decisões que possam influenciar o ambiente virtual ou real que vêm trazendo uma incrível revolução tecnológica que ressurgiu em 2023 como ferramenta de construção, pesquisa, inovação e impactos sociais, muito embora, para chegar até estes, a IA tenha como suporte o hardware, software, a rede Internet e a energia elétrica utilizada no processo de desenvolvimento e uso e pode também repercutir em poluentes como, por exemplo, o lixo eletrônico descartado em larga escala em nível mundial. Em razão disso, é necessária a reflexão sob, também, a ótica jurídica que veremos a seguir.

## **2. DIREITO AMBIENTAL CONSTITUCIONAL**

À medida em que o mundo foi transformando-se em menos selvagem, tendo em vista a destruição dos ecossistemas existentes, na mesma proporção, também foi transformando-se em menos estável. Fenômenos evidenciados na terra, água e ar, colapsam os ecossistemas florestais altamente sensíveis dos trópicos e causam impactos em intensidade nunca vistos, enchentes, secas, terremotos, tempestades de areia e fumaça, mudanças climáticas impactam na mortalidade e qualidade da vida humana.

Para Leite e Ayala, “A sociedade capitalista e o modelo de exploração capitalista dos recursos economicamente apreciáveis se organizam em torno das práticas e comportamentos potencialmente produtores de situações de risco.” (Leite e Ayala, 2002, p. 103) Neste sentido, uma das prováveis soluções lógicas é a tentativa de reequilibrar esse grande globo de terra, água e ar, o quanto antes, transformar as soluções em também investimentos rentáveis até superar os investimentos em produtos poluentes, através da ciência, tecnologia, inovação, marketing e valorização da marca (Manual de Oslo, 2018, p. 35). Ou seja, transformar as possibilidades em realidades através da *gestão racional e adequada*, pública e privada, da própria poluição que produzimos. Lembre-se ainda, que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios a proteção do meio ambiente e o combate da poluição em qualquer de suas formas (art. 23, VI, CR/88), sem esquecer da iniciativa privada (art. 170, VI, CR/88) e o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (art. 225, CR/88). Por consequência, pensar em soluções eficientes e refletir os respectivos impactos é dever de toda a sociedade, até porque é a mesma beneficiária/destinatária do respectivo bem-estar.

Verifica-se pelos dispositivos citados que estamos falando sobre a proteção do ambientalismo que advém do Princípio nuclear da “Dignidade da Pessoa Humana” (art. 1º, III, CR/88) um ramo do Direito Constitucional que é também denominado por José Afonso da Silva de “Direito Ambiental Constitucional”. No dizer do autor, esta denominação não está a tratar de Direito Constitucional, mas do Direito Ambiental, e então passa a referenciar o porquê da tutela ambiental, senão vejamos,

### ***1. Razão da tutela do meio ambiente***

O problema da tutela jurídica do meio ambiente manifesta-se a partir do momento em que sua degradação passa a ameaçar não só o bem-estar, Mas a qualidade da vida humana, senão a própria sobrevivência do ser humano. daí por que nossa análise deverá começar precisamente por indicar os processos de degradação ambiental, para depois descermos ao desenvolvimento do sistema jurídico protetivo, ao objeto genérico da proteção jurídica aos setores tutelados e finalmente ao meio de atuação.

## ***2. Processos de degradação do meio ambiente***

A ação predatória do meio ambiente natural manifesta-se de várias maneiras, quer destruindo os elementos que o compõem, como a derrubada das matas, quer contaminando-os com substâncias que lhes alterem a qualidade, impedindo seu uso normal, como se dá com a poluição do ar, das águas, do solo e da paisagem, Atmosfera (ar, clima) biosfera (rios, lagos, oceanos) e litosfera (solo) são três órbitas entrelaçadas que mantêm a vida orgânica. A contaminação de uma compromete também a pureza das outras, direta ou indiretamente. *A alteração adversa das características do meio ambiente* é definida pela lei como a degradação da qualidade ambiental (Lei 6.938 de 1981 artigo 3º, II).

Disso decorre a necessidade de uma visão Global dessa interação, água e solo, para dar-se um tratamento jurídico abrangentemente sistemático a proteção do meio ambiente natural. (Silva, 2002, pp. 28-29)

Ao mesmo tempo em que as inovações tecnológicas se desenvolvem através da aplicação de soluções tecnológicas inovadoras e disruptivas é imperativo também que a própria ciência ponha-se a refletir sobre os seus impactos construtivos de um novo mundo não poluente, e que, também, contribua para a restauração do equilíbrio do planeta terra. Em se tratando de um cenário complexo (Morin, 2005), de toda a sorte, não se pode trazer a carga de mudanças apenas ao setor privado, mas também, às políticas públicas. Violeta Loureiro, versando sobre a dependência e progresso na Amazônia já observava:

A nova forma de dependência dos países periféricos (como emissores de lucros devedores de capitais e mais - dependentes tecnológica e financeiramente com crescentes níveis de endividamento) limitaria a inserção destes no mercado internacional. Evidenciam que os beneficiários desse desenvolvimento dependente são as estatais, as multinacionais e as empresas locais associadas; não a sociedade em geral, nem as massas de trabalhadores super-explorados. Finalmente, que o

hiato entre o desenvolvimento e dependência se amplia, reproduz incessantemente “*sempre e quando inexistam processos políticos que lhe deem fim.*” (Loureiro, 1992, p. 65)

Assim, em uma sociedade complexa e de alto risco o cidadão, o governo, o pesquisador devem estar atentos para as mudanças não só climáticas, mas tecnológicas, optando sempre e, sobretudo, pelas tecnologias limpas, de forma inegociável, sem deixar de observar os demais impactos econômicos, sociais etc., e da própria circulação de dados que são alvo da Inteligência Artificial. Então, passaremos a estudá-las no próximo item.

### 3. TECNOLOGIA LIMPA

O aumento constante da população, juntamente com o aumento da atividade industrial em todo o mundo, vem destruindo em larga escala os recursos naturais. As contínuas agressões à natureza estão presentes nas atividades econômicas e/ou sociais por todo o mundo. Assim, se verifica que a poluição continua afetando o meio ambiente, seja através de contaminação no solo, nos mares, rios e a atmosfera através de emissão de gases, queimadas das florestas tropicais; caças e pescas predatórias; contribuindo para que o planeta terra se torne um lugar inabitável.

Logo, não há mais tempo que se possa perder com o uso de novas tecnologias que poluem ainda mais o globo terrestre. Por conseguinte, por tecnologia limpa, também conhecida como "tecnologia verde" ou "eco-tecnologia", temos que se refere a produtos, processos ou serviços que reduzem ou eliminam o uso de recursos naturais e a geração de resíduos e emissões nocivas ao meio ambiente. O conceito abrange uma ampla gama de aplicações, desde energias renováveis, como a solar e eólica, até processos industriais que minimizam o impacto ambiental. No contexto do direito ambiental, a tecnologia limpa é entendida como uma ferramenta para alcançar os princípios da sustentabilidade. As legislações ambientais de diversos países incentivam a pesquisa, o desenvolvimento e a adoção de tecnologias limpas como forma de cumprir os compromissos ambientais estabelecidos em leis e tratados internacionais.

Percebe-se que a terminologia “tecnologia limpa” tem sido pensada inicialmente como método de produção, neste sentido, a Declaração Internacional sobre produção mais limpa<sup>5</sup> que prevê diretrizes de implementação para proteção do meio ambiente. Constata-se

---

<sup>5</sup> INTERNATIONAL DECLARATION ON CLEANER PRODUCTION. *United Nations Environment Programme* - UNEP. 2001. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/>. Acesso em: 20 nov. 2023. “A “Produção Mais Limpa” foi introduzida pela primeira vez pelas Nações Unidas para o Meio Ambiente Programa (PNUMA) em 1989 como uma abordagem nova e inovadora para recursos de conservação e gestão ambiental. O objetivo imediato do PNUMA para as atividades de Produção Mais Limpa naquela época tinha como objetivo conscientizar sobre o conceito de produção e promover a sua adoção pela indústria. Desde então, a “Produção Limpa” tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia para melhorar a produção industrial, desempenho e simultaneamente proteger o meio ambiente. No entanto, o compromisso de adotar e

que é uma estratégia de gestão ambiental preventiva, que promove a eliminação de resíduos antes de serem criados para reduzir sistematicamente a geração de poluição, e melhorar a eficiência do uso de recursos. Por outro lado, Baas (1996) define tecnologias limpas como:

Qualquer medida técnica na indústria, para reduzir, ou até eliminar na fonte, a produção de qualquer incómodo, poluição ou resíduo, e ajudar na economia de matérias prima, recursos naturais e energia. Elas podem ser introduzidas tanto a nível de projecto, com mudanças radicais no processo de manufactura, ou num processo existente, com a separação e utilização de produtos secundários que de outra maneira seriam perdidos. (Baas, 1996)

Podem ser consideradas como tecnologias limpas, as energias renováveis, como a energia solar, energia eólica, energia geotérmica, energia biomassa; as tecnologias utilizadas na agricultura sustentável, como por exemplo, técnicas que preservam o solo e a água, reduzem o uso de agrotóxicos e aumentam a produtividade; a reciclagem e reuso de materiais, tecnologias que permitem o reaproveitamento de materiais descartados; e por fim, o transporte sustentável, veículos elétricos, transporte público eficiente e os biocombustíveis.

Em um mundo cada vez mais consciente dos impactos ambientais causados pela atividade humana, a tecnologia limpa surge como uma resposta inovadora e sustentável para a mitigação desses impactos. No âmbito do direito ambiental, a tecnologia limpa é vista como um instrumento essencial para a promoção de um desenvolvimento econômico que esteja em harmonia com a preservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente. Este artigo busca elucidar o conceito de tecnologia limpa sob a perspectiva do direito ambiental, destacando sua importância e os desafios para sua implementação efetiva.

A adoção de tecnologias limpas é fundamental para enfrentar desafios ambientais como as mudanças climáticas, a poluição do ar e da água, a degradação dos solos e a perda de biodiversidade. Além disso, essas tecnologias podem contribuir para a economia, gerando empregos verdes, promovendo a inovação e abrindo novos mercados. No direito ambiental, as tecnologias limpas são vistas como mecanismos que possibilitam o cumprimento de normas ambientais mais rigorosas, ao mesmo tempo em que estimulam o crescimento econômico sustentável. Por exemplo, empresas que investem em tecnologias limpas podem se beneficiar de incentivos fiscais, subsídios governamentais e uma imagem corporativa positiva junto ao público e investidores, inclusive de sua marca (Manual de Oslo, 2018). Apesar dos benefícios, a implementação de tecnologias limpas enfrenta desafios significativos. O custo inicial de desenvolvimento e implementação pode ser alto, e muitas vezes há resistência por parte de indústrias estabelecidas que dependem de tecnologias tradicionais. Além disso, a falta de regulamentação clara ou incentivos insuficientes pode

---

praticar o conceito de “Produção Mais Limpa” não tem sido tão difundido como gostaríamos de ter.” (p.2)

desencorajar o investimento em tecnologias mais verdes. Para superar esses obstáculos, é necessário um esforço conjunto entre governos, setor privado e sociedade civil. As políticas públicas devem criar um ambiente favorável para o desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas, por meio de regulamentações claras, incentivos financeiros e apoio à pesquisa e inovação.

Logo, em uma breve observação, uma das principais aplicações da IA como tecnologia limpa está relacionada à eficiência energética. Por meio da análise de dados em tempo real, a IA pode identificar padrões de consumo, prever demandas e sugerir ajustes para reduzir o desperdício de energia. Além disso, a IA também pode ser utilizada para o desenvolvimento de sistemas de gestão inteligente de energia, que permitem a automação e o controle eficiente do uso de recursos energéticos.

Outro aspecto relevante é a contribuição da IA para a melhoria da mobilidade urbana. Com a utilização de algoritmos de aprendizado de máquina, é possível criar sistemas de transporte mais eficientes, que se adaptam às demandas dos usuários e minimizam o tempo de deslocamento. Além disso, a IA também pode ser aplicada na gestão do tráfego, contribuindo para a redução de congestionamentos e a diminuição das emissões de poluentes. No setor industrial, por exemplo, a IA como tecnologia limpa pode promover a automação de processos produtivos, reduzindo o consumo de matérias-primas e energia. Através da análise de dados e da implementação de sistemas inteligentes, é possível otimizar a utilização de insumos e minimizar o impacto ambiental das atividades industriais. Além disso, a IA também pode ser empregada na manutenção preditiva de equipamentos, contribuindo para a redução do descarte prematuro e o aumento da vida útil dos ativos.

Já no campo da agricultura, a IA pode ser utilizada para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento e manejo sustentável dos recursos naturais. Através da análise de imagens de satélite e dados meteorológicos, é possível identificar padrões de cultivo, prever safras e otimizar o uso de água e insumos agrícolas. Além disso, a IA também pode contribuir para a identificação e controle de pragas e doenças, reduzindo a necessidade de agrotóxicos e fertilizantes. É importante ressaltar que, apesar do potencial da IA como tecnologia limpa, é necessário considerar os desafios e limitações associados à sua implementação. A coleta e o tratamento de dados, a segurança cibernética e a ética no uso da IA são questões que devem ser cuidadosamente investigadas e avaliadas para garantir que os benefícios ambientais sejam maximizados e os riscos quanto aos direitos da intimidade e privacidade previstos constitucionalmente (art. 5º, X, CR/88), minimizados.

Em suma, através dos exemplos citados, a Inteligência Artificial apresenta um grande potencial como tecnologia limpa, com aplicações que podem contribuir significativamente para a sustentabilidade ambiental em diversos setores. Ao investir em pesquisa, desenvolvimento e implementação responsável da IA, é possível promover uma transição para uma economia mais verde e eficiente, beneficiando tanto o meio ambiente quanto as atividades econômicas. Por outro lado, é necessária uma maior investigação quanto às máquinas processadoras e a poluição decorrente, como é o caso do lixo eletrônico produzido. E para conseguir esse desenvolvimento tecnológico, bem como, evitar possíveis danos sistêmicos, a Constituição Republicana de 1988 prevê que é competência comum da União,

dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proporcionar os meios de acesso, entre outros, à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação.” (art. 23, V, CR/88)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias limpas representam uma parte vital da estratégia global para alcançar um desenvolvimento sustentável e proteger o meio ambiente para as gerações futuras. No âmbito do direito ambiental, ela é reconhecida como já visto como um caminho promissor para reconciliar o crescimento econômico com a preservação dos ecossistemas. Embora haja desafios significativos para sua implementação plena, os benefícios potenciais justificam os esforços contínuos para promover tecnologias mais limpas e sustentáveis.

Outro fator de fomento é a colaboração entre diferentes setores da sociedade, essencial para garantir que as inovações tecnológicas contribuam efetivamente para um futuro mais verde e justo para todos. Constatou-se que o conceito de tecnologia limpa no âmbito do direito ambiental refere-se a novos processos industriais ou modificações em processos já existentes que objetivam a redução ou eliminação do consumo de matérias-primas e energia, minimização dos impactos ambientais e do desperdício. Essas tecnologias são desenvolvidas com a finalidade de promover um desenvolvimento sustentável e estão alinhadas com os princípios do direito ambiental, que visam a proteção do meio ambiente, a preservação das espécies e a melhoria da qualidade de vida.

Logo, partindo do âmbito jurídico, evidenciou-se que o conceito de tecnologia limpa está relacionado às soluções inovadoras que prezam pela sustentabilidade ambiental, social e econômica. Ela busca minimizar os impactos negativos das atividades humanas no meio ambiente, promovendo a justiça social e o desenvolvimento econômico responsável. Entre as características essenciais temos a eficiência ambiental, a justiça social e a prevenção de danos ao meio ambiente que não podem ser concretizadas sem políticas públicas<sup>6</sup> que promovem a sustentabilidade ambiental. A tecnologia limpa assume um papel crucial no Direito Ambiental Constitucional, pois oferece ferramentas para enfrentar os desafios da sustentabilidade ambiental, social e econômica. A compreensão abrangente do seu conceito e suas aplicações no âmbito jurídico é essencial para promover a justiça ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Por conseguinte, trafegando no contexto jurídico, verifica-se que são objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil o desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais e a difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico (arts. 4º, IV e V da Lei n. 6.938/81). Denota-se que as

---

<sup>6</sup> Cf. A Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil, esta prevê “incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais” (art. 2º, VI, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981)

respectivas previsões normativas são capazes de albergar a Inteligência Artificial como tecnologia conducente aos objetivos e características já vistos nas tecnologias limpas, ou seja, devido ao seu potencial para otimizar processos e reduzir o desperdício de recursos, ao automatizar tarefas e processos, a IA pode contribuir para a eficiência energética e a redução do consumo de recursos naturais. Além disso, constata-se que a IA pode ser aplicada em diversas áreas, como na gestão de energia, na agricultura de precisão, na otimização de cadeias de suprimentos e na previsão de demanda, entre outras, contribuindo para a redução do impacto ambiental das atividades humanas, melhorando substancialmente a vida no planeta, para que todos tenham minimamente garantido o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (art. 225, CR/88)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BAAS, L. An integrated approach to cleaner production. In: MISRA, K.B. (Ed.) **Clean production, Environmental and economic perspectives**. 1st ed. Springer, Berlin. 1996.

CHINA. **Medidas Provisórias para Gestão de Serviços de Inteligência Artificial Generativa**. 10 de julho de 2023. Disponível em: [http://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c\\_1690898327029107.htm](http://www.cac.gov.cn/2023-07/13/c_1690898327029107.htm). Acesso em: 20 nov. 2023.

GUIMARÃES, João Alexandre Silva Alves; ALVES, Rodrigo Vitorino Souza. **Os direitos humanos e a ética na era da inteligência artificial**. Indaiatuba/SP: Editora Foco, 2023.

<https://www.lexml.gov.br/busca>

INTERNATIONAL DECLARATION ON CLEANER PRODUCTION. United Nations Environment Programme - UNEP. 2001. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

LAGE, Fernanda de Carvalho. **Manual de Inteligência Artificial no Direito Brasileiro**. 2ª ed., São Paulo: Editora Juspodvm, 2022.

LEITE, José Rubens Morato, AYLA, Patryck de Araújo. **Direito Ambiental na Sociedade de Risco**. Rio de Janeiro: Forense universitária, 2002.

LOUREIRO, Violeta Refkalefsky. **Amazônia: estado, homem, natureza**. Belém: CEJUP, 1992.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Trad. Eliane Lisboa. Porto Alegre: Editora Meridional/Sulina, 2005.

OECD. **Manual de Oslo. diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 4ª ed., 2018. Disponível em: <https://www.oecd->

ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1709041314&id=id&accname=guest&checksum=D50E490493921395E9B729FBE8AF116C. Acesso em: 20 nov. 2023.

RUSSEL, Stuart, NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna.** Daniel Vieira; Flavio Soares Corrês da Silva (Trad.). 4ª ed. Rio de Janeiro: GEN/LTC, 2022.

RUSSELL, Stuart. **Inteligência Artificial a nosso favor. Como manter o controle sobre a tecnologia.** São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

SILVA, José Afonso da. **Direito Ambiental Constitucional.** 4ª ed. revista e atualizada. São Paulo: Malheiros Editores, 2002,

UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento Inteligência Artificial.** C/2024/506. J.O. 23.1.2024. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=OJ:C\\_202400506&qid=1708712046851](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202400506&qid=1708712046851). Acesso em: 20 jan. 2024.