

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO MEIO AUXILIAR DE COMANDO E CONTROLE DO DIREITO AMBIENTAL

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS AN AUXILIARY MEANS OF COMMAND AND CONTROL OF ENVIRONMENTAL LAW

DOI: 10.19135/revista.consinter.00021.06

Recebido/Received 31/12/2024 – Aprovado/Approved 21/05/2025

*Valéria Aparecida de Lima*<sup>1</sup> – <https://orcid.org/0009-0004-4232-123X>  
*Paulo Nelson do Rego*<sup>2</sup> – <https://orcid.org/0009-0006-6630-5095>

### Resumo

A inteligência artificial (IA) está emergindo como uma ferramenta poderosa para o comando e o controle do direito ambiental, destacando-se como uma plataforma inovadora em diversas áreas, incluindo o meio ambiente. Este artigo tem como objetivo explorar como a IA pode ser utilizada como um meio auxiliar de comando e controle, potencializando a eficácia das políticas ambientais e promovendo a sustentabilidade. Por meio de uma análise detalhada, serão discutidas as aplicações práticas, os desafios e as oportunidades que a IA oferece para o campo do direito ambiental com uma análise detalhada em normas internas e internacionais e assim contribui para estudos futuros sobre o Direito Ambiental com uso da Inteligência Artificial. A metodologia qualitativa, qualitativa e conceitual abordada no presente estudo com pesquisas bibliográficas, análise gráfica apoiado em estudos internacionais e com uma visão empírica atuística com seguimento na legislação pátria e internacional pautada em princípios vigentes a visões atuais da matéria.

<sup>1</sup> Mestrando em Políticas Públicas pela UMC; Pós-graduação em Ciências Sociais pela Unisdal; Direito Tributário na PUC e; especializações MBA em Direito do Trabalho com foco no Acidente de Trabalho; Direito Empresarial; MBA em Direito Imobiliário; MBA em Direito Previdenciário e do Trabalho; Direito Civil e Direito Processual Civil e Direito Notarial e Registral. Graduada na Universidade Braz Cubas, na cidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, Brasil. Foi advogado do Centro de Referência Especializado em Assistência Social – CREAS da Prefeitura de Mogi das Cruzes. e-mail [valeria\\_limaadv@hotmail.com](mailto:valeria_limaadv@hotmail.com); <https://orcid.org/0009-0004-4232-123X>.

<sup>2</sup> Doutor pela PUC. Advogado em direitos difusos e coletivos com foco na área de direito ambiental, especializado em Direito Ambiental, Direito Tributário, Processo Civil e Direito Civil sócio diretor do escritório de Advocacia Rego, Brenna Advogados Associados (Advocacia Ambiental e Empresarial) atualmente o CEO da Holding Ambiental S/A. É vice presidente da OSC Instituto Educa Brasil e Conselheiro Jurídico de outras Organizações sociais. Foi Advogado da DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A., na Gestão do Secretário de Transporte Dr. Dario Rais, onde exerceu a coordenação e apoio jurídico na área de direito Ambiental e Patrimonial e orientou as questões jurídicas referentes as questões tributárias e ao licenciamento do Rodoanel Mario Covas – Trecho Sul, em especial as negociações dos acordos judiciais formalizados junto ao Ministério Púlico Federal, que viabilizaram o licenciamento ambiental. Atuou como integrante da equipe gestora do Rodoanel responsável pela negociação dos acordos e convênios junto às prefeituras envolvidas no projeto, com a elaboração de convênios e protocolos de intenções. Exerceu a função de consultor na Secretaria de Recursos Hídricos na Gestão do Secretário Dr. Antônio Carlos Mendes Thame onde atuou na coordenação das licenças ambientais ligadas a primeira fase do desassoreamento da calha do Tietê e da retificação do rio Cabo Sul, dando amplo apoio aos procuradores do DAEE, nas emissões de posse referente as desapropriações ligadas a esses empreendimentos.. e-mail: [paulodorego@aasp.org.br](mailto:paulodorego@aasp.org.br). <https://orcid.org/0009-0006-6630-5095>

Declaro para os devidos fins que não utilizamos inteligência artificial na elaboração do artigo.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial; Direito Ambiental; Sustentabilidade; Comando e Controle; ESG.

### Abstract

Artificial intelligence (AI) is emerging as a powerful tool for the command and control of environmental law, distinguishing itself as an innovative platform in various areas, including the environment. This article aims to explore how AI can be used as an auxiliary means of command and control, enhancing the effectiveness of environmental policies and promoting sustainability. Through a detailed analysis, this article will discuss the practical applications, challenges, and opportunities that AI offers for the field of environmental law, including a thorough analysis of domestic and international regulations, thus contributing to future studies on Environmental Law using Artificial Intelligence. The qualitative, qualitative and conceptual methodology addressed in this study with bibliographic research, graphic analysis supported by international studies and with an up-to-date empirical view with follow-up in national and international legislation based on current principles and current views of the matter.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Environmental Law; Sustainability; Command and Control; ESG.

**Sumário:** 1. Introdução; 2. Aumento da Consciência Global; 3. Crédito de Carbono Versus Crédito de Biodiversidade; 4. Vinculação das COP com o Uso da Inteligência Artificial; 4.1. Conceito de Inteligência Artificial (IA); 5. Desafios e Considerações Éticas; 6. Conceito de IA, ESG e Limites Éticos; 7. Aplicações da Inteligência Artificial no Direito Ambiental; 8. Benefício da Integração da IA no Direito Ambiental; 8.1. Aplicações Práticas; 8.2. Vantagens da IA no Direito Ambiental; 9. Desafios e Limitações; 10. Oportunidades Futuras; 11. Estudo de Caso; 12. Futuro da Inteligência Artificial no Direito Ambiental; 13. Considerações Finais; 14. Conclusão; 15. Referências.

## 1 INTRODUÇÃO

Antes de iniciar a reflexão proposta neste artigo, é fundamental apresentar o conceito de direito ambiental para que se entenda como tratar o aumento das pressões ambientais globais e a necessidade de ferramentas eficazes para gerenciar e proteger o meio ambiente. Nunca foi tão urgente a necessidade de comando e controle do meio ambiente. Para tanto, o uso da inteligência artificial oferece novas possibilidades para enfrentar esses desafios, fornecendo soluções inovadoras para o monitoramento, análise e aplicação de políticas ambientais.

A crescente preocupação com as questões ambientais e a necessidade de políticas eficazes de proteção ambiental têm impulsionado a busca por tecnologias inovadoras. A inteligência artificial, com sua capacidade de processar grandes volumes de dados e fornecer *insights* precisos, surge como uma solução promissora para auxiliar no comando e controle do direito ambiental. Este artigo examina as várias formas pelas quais a IA pode ser integrada aos sistemas de gestão ambiental, destacando suas vantagens e limitações.

Este artigo destaca a importância da inteligência artificial como um aliado no comando e controle do direito ambiental, enfatizando seu potencial para transformar a maneira como as políticas ambientais são implementadas e monitoradas. No entanto, antes de fazer a análise desses mecanismos, é importante refletir sobre o conceito de direito ambiental.

O direito ambiental, nas palavras de Paulo Bessa, é definido como

*“a norma que, baseada no valor ético ambiental, estabelece os mecanismos normativos capazes de disciplinar as atividades humanas em relação ao meio ambiente”<sup>3</sup>.*

A essa definição, acrescenta-se a necessidade de equilíbrio em três diferentes dimensões que o direito deve guardar (ética, filosófica e teórica). Outra dimensão é a social, que deve estar pautada nas relações sociais, que são as interações entre indivíduos e grupos, nos conflitos específicos, que são disputas e controvérsias das diversas aglomerações urbanas, desde as cidades até as comunidades tradicionais, e devem promover a justiça social, pautada na equidade e igualdade que a defesa desses direitos deve proporcionar.

Não se pode esquecer que a Natureza é um conceito político, servindo de inspiração para filósofos e reformadores políticos. É apenas por intermédio do mundo na cultura que se sobreviveu às dificuldades exteriores, dada a fragilidade humana perante o mundo natural. É óbvio que esse mundo não é exceção às regras biológicas que regem a vida de todos os demais organismos. No entanto, na vida humana encontra-se uma característica nova que parece ser a marca distintiva desta. Paulo Bessa citando Cassirer assim se posiciona:

*É apenas por intermédio do mundo na cultura que sobrevivemos às dificuldades exteriores tal a nossa fragilidade perante o mundo natural. É óbvio esse mundo não é nenhuma exceção às regras biológicas que regem a vida de todos os demais organismos. No entanto, na vida humana encontramos uma característica nova que parece ser a marca distintiva da vida humana. O círculo funcional do homem não é só quantos ativamente maior passou também por uma mudança qualitativa homem descobriu por assim dizer um novo método para adaptar-se ao ambiente O homem descobriu por assim dizer um novo<sup>4</sup>.*

A ordem econômica está fundamentada em princípios que impõem ao Poder Público o dever de agir, não só como agente gestor normativo e regulador da atividade econômica, mas, principalmente, no sentido de assegurar a efetividade do direito ambiental em face dos recursos naturais.

Portanto, para manter o meio ambiente preservado e valorizado, é indispensável resguardar a biodiversidade das florestas e dos ecossistemas, valorizando sua sustentabilidade por meio de instrumentos de comando e controle no âmbito ambiental, econômico e social, que asseguram a adequada gestão desses direitos.

É importante ressaltar que é dever tanto dos Estados quanto da sociedade civil defender e preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado dentro de uma concepção jurídica e que não basta apenas defender os bens ambientais em razão de lesão eventualmente ocorrida, mas principalmente preservar a vida a partir de ameaças que ocasionalmente possam surgir.

## 2 AUMENTO DA CONSCIÊNCIA GLOBAL

Mobilização Social e Política nesses últimos 30 anos promoveu a Conferência das Partes, conhecida como COP, um evento anual que reúne os países signatários da Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

<sup>3</sup> ANTUNES, Paulo de Bessa, *Direito ambiental*, 11<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, Lumen Juris, ano 2007, p.187.

<sup>4</sup> *Ibid*, p.385.

Sua importância é multifacetada e se manifesta em diversos aspectos: atrai a atenção global para as questões climáticas, mobilizando não apenas governos, como também a sociedade civil e o setor privado.

Durante a COP, os países revisam e, se necessário, atualizam suas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, adaptando-se às novas realidades científicas e econômicas. As discussões e decisões tomadas durante a COP ajudam a educar e conscientizar o público sobre a urgência e a importância de agir nas mudanças climáticas.

As decisões na COP são geralmente tomadas por consenso, o que pode tornar o processo complexo, mas assegura que todas as partes tenham voz. Além dos países, a COP envolve observadores de ONGs, organizações intergovernamentais e o setor privado, que contribuem com análises e propostas. Nesses eventos, acordos climáticos globais são negociados e firmados. Os países são obrigados a relatar seu progresso em relação às metas estabelecidas, permitindo a avaliação e o ajuste de novas políticas.

Existem mecanismos de revisão para garantir que os compromissos sejam cumpridos e que haja responsabilização por parte dos países. Um dos exemplos mais notáveis é o Acordo de Paris, adotado na COP21 em 2015.

A COP é fundamental para avançar a agenda climática global, promovendo acordos e ações concretas. Sua governança complexa e inclusiva busca equilibrar os interesses de nações desenvolvidas e em desenvolvimento, garantindo que todos trabalhem juntos em prol de um futuro sustentável.

Um dos principais debates é o financiamento das compensações climáticas, que desempenha um papel crucial no enfrentamento das mudanças climáticas, oferecendo apoio financeiro para iniciativas que visam reduzir ou neutralizar emissões de gases de efeito estufa.

Os Mecanismos de Financiamento passam pelo Fundo Verde para o Clima (GCF): Criado sob a UNFCCC, este fundo apoia projetos de mitigação e adaptação nos países em desenvolvimento.

Um dos mecanismos mais evoluídos é o conceito de Mercado de Carbono, em que empresas e países podem comprar créditos de carbono para compensar suas emissões, financiando projetos de redução de emissões em outras partes do mundo.

Outra vertente é o financiamento privado, em que investidores privados frequentemente participam de projetos de compensação, buscando tanto retorno financeiro quanto impacto ambiental positivo. As principais Fontes de Recursos são os Governos dos países geradores de impactos e as Organizações Internacionais que fornecem fundos para projetos de compensação, muitas vezes por meio de mecanismos multilaterais.

Para atingir as metas do ESG, cada vez mais, as empresas privadas se comprometem a compensar suas emissões, muitas vezes, como parte de estratégias de responsabilidade social corporativa.

É inequívoco que a efetividade das Compensações e Créditos de Biodiversidade tem crescido como um conceito cada vez mais defendido por países que mantêm e se responsabilizam a preservar seus ativos de biodiversidade, para que a efetividade das compensações, especialmente no que se refere aos créditos de biodiversi-

dade, estejam vinculados ao principal ativo a ser preservado no planeta, visto que é por meio desse ativo, que poderá se mesurar a efetiva defesa da vida em todas as suas formas, traduzindo-se em um tópico de crescente interesse e importância.

Portanto, é necessário que a legislação, ao determinar a reparação e a compensação ambiental, tenha como objetivo criar instrumentos e elementos que venham a garantir a sustentabilidade das áreas ambientalmente protegidas, como uma forma de manter a biodiversidade, que por sua vez proverá a vida da presente e das futuras gerações. O direito material ambiental diz respeito à existência de uma relação jurídica que vincule as pessoas humanas aos denominados bens ambientais.

### 3 CRÉDITOS DE CARBONO VERSUS CRÉDITOS DE BIODIVERSIDADE

Créditos de Carbono estão focados na redução de emissões de gases de efeito estufa, eles são amplamente utilizados e regulamentados, mas enfrentam desafios em termos de medição e verificação. Na visão de Calestini, Eduardo Del Neri<sup>5</sup> temos:

*“Com o protocolo de Quioto criou-se a possibilidade para que o mercado possa auxiliar possa auxiliar no processo de redução das emissões de gases de efeito estufa, por meio de criação de um valor comercializável para essas reduções<sup>5</sup>”.*

Na oportunidade temos o posicionamento da SILVA, Laura Auxiliadora Martins da<sup>6</sup>, que assim aduz para uma abrangência maior do tema:

*“Os créditos de carbono são instrumentos que permitem a compensação de emissões de gases de efeito estufa por meio de projetos que reduzem ou evitam essas emissões<sup>6</sup>” SILVA, Laura Auxiliadora Martins da. Créditos de carbono e sustentabilidade: os caminhos do novo capitalismo. 1.ed. São Paulo: Lazuli – Companhia Editora Nacional, 2008.p.45.*

Créditos de Biodiversidade visam preservar ou restaurar habitats naturais, contribuindo para a conservação da biodiversidade. Esses créditos, apesar de debatido desde a primeira COP são menos comuns, mas estão ganhando atenção devido à crescente conscientização sobre a perda de biodiversidade e a necessidade de mensurar e preservar esse bem ambiental.

Os principais desafios para a efetividade dos créditos de biodiversidade dependem de métricas claras para avaliar o impacto positivo sobre os ecossistemas.

Um dos pontos mais controvertidos é a defesa promovida pelos países poluidores da inclusão do princípio da adicionalidade, que visa garantir que os projetos de compensação representem reduções ou benefícios adicionais que não teriam ocorrido na ausência do financiamento. Defendem ainda que os projetos de compensação devem oferecer benefícios de longo prazo, evitando o risco de reversão, em que as melhorias ambientais são posteriormente revertidas. Nesse diapasão, vale destacar o

<sup>5</sup> CASTELINI, Eduardo Del Neri. A questão dos créditos de carbono e sua viabilidade jurídica.1ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.p.37

<sup>6</sup> SILVA, Laura Auxiliadora Martins da. Créditos de carbono e sustentabilidade: os caminhos do novo capitalismo. 1.ed. São Paulo: Lazuli – Companhia Editora Nacional, 2008.p.45.

posicionamento de Tassara, Eda Terezinha de Oliveira<sup>7</sup> e Gomes, Carla Amado<sup>8</sup>, que assim aduz:

*“A emergência de uma consciência planetária é fundamental para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e promover alternativas sustentáveis para o futuro”*

*“A biodiversidade representa um valor intrínseco e econômico, cuja preservação é essencial para o bem-estar humano e a sustentabilidade do planeta”.*

Em outra vertente, os países que mantiveram preservada a sua biodiversidade pela Conservação de suas florestas, rios e zona costeira defendem que a simples manutenção desses ativos por si só já devem ser valorados e financiados na constituição dos créditos de biodiversidades. A manutenção de seus territórios protegidos não pode ser considerada como obrigação de ser preservados, sem a devida valorização a ser suportada pelos países poluidores, que já destruíram as suas reservas de biodiversidade.

Em várias partes do mundo, projetos de conservação financiados por créditos de biodiversidade têm demonstrado sucesso na proteção de espécies ameaçadas e habitats críticos. Iniciativas de reflorestamento por programas que combinam créditos de carbono e biodiversidade, promovendo reflorestamento em áreas degradadas, têm mostrado benefícios duplos para o clima e a biodiversidade.

O financiamento das compensações e a implementação efetiva dos créditos de biodiversidade são fundamentais para abordar as crises climática e de biodiversidade de maneira integrada. A chave para o sucesso está em garantir que os projetos sejam bem projetados, medidos e monitorados, oferecendo benefícios tangíveis e duradouros para o meio ambiente.

O paradigma a ser seguido é de que deve ser mais rentável manter uma floresta em pé do que derrubá-la para implantar pastagens ou plantar soja, por exemplo. Com esse argumento foi apresentado, na Conferência das Partes (COP) da Convenção do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU) em Bali (Indonésia), a necessidade de criar meios de incentivar a manutenção das florestas como forma de manter a Biodiversidade e a temperatura do planeta. O relatório “Planeta Protegido 2012 – Monitorando o progresso rumo a metas globais para as áreas protegidas”, apresentado pelo Pnuma, no encerramento da Conferência das Partes da Convenção sobre Biodiversidade, que aconteceu na cidade indiana de Hyderabad, demonstra que as maiores partes das florestas vulneráveis no mundo estão completamente desprotegidas. Apesar de um acordo internacional ter definido que é necessário preservar 17% das áreas terrestres, ainda falta financiamento, tanto do setor público como do privado, para manter a floresta de pé.

É fato incontroverso que a preservação do meio ambiente natural pressupõe a manutenção de Ecossistemas que mantenham a subsistência da biodiversidade para garantir a qualidade de vida da presente e das futuras gerações. As unidades de conservação foram previstas pela legislação como uma das formas ideais para garantir a

---

<sup>7</sup> TASSARA, Eda Terezinha de Oliveira. Mudanças Climáticas e mudanças socioambientais globais: reflexões sobre alternativas do futuro. Brasília: UNESCO, 2010.p.15.

<sup>8</sup> GOMES, Carla Amado. Contributos para o estudo do direito da proteção da biodiversidade. Lisboa: Instituto de Ciências Jurídico-Políticas, 2010.p.5.

sustentabilidade desses Ecossistemas. A tutela jurídica da pessoa humana em face de suas inter-relações com o ambiente, assim como a tutela jurídica da fauna e flora, em razão dos princípios fundamentais, são importantes garantias.

## 4 VINCULAÇÃO DAS COP COM O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

### 4.1 Conceito de Inteligência Artificial (IA)

A Inteligência Artificial (IA) é a capacidade de um sistema computacional realizar tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana. Isso inclui atividades, como aprendizado, raciocínio, percepção e tomada de decisões. A IA pode ser dividida em duas categorias principais: IA estreita (focada em tarefas específicas) e IA geral (capaz de realizar qualquer tarefa intelectual que um ser humano pode fazer). Ela pode ser uma IA Generativa, que cria conteúdo novo, como texto e imagens, uma IA Não Generativa, que visa a análise de dados existentes para nortear a tomada de decisões, uma IA como Copiloto, que assiste aumentando produtividade e precisão dos conteúdos a ela submetidos, e, por fim, uma IA Automatizadora, que substitui os assistentes de forma automática.

A integração da inteligência artificial (IA) nas Conferências das Partes (COP) pode catalisar esforços globais para enfrentar as mudanças climáticas de maneira mais eficaz e eficiente. A seguir, destacam-se algumas maneiras pelas quais a IA pode ser vinculada às atividades e objetivos das COP:

#### 1. Monitoramento e Análise de Dados Climáticos

Previsão Climática: A IA pode processar grandes volumes de dados meteorológicos e climáticos para prever padrões climáticos, ajudando na preparação e adaptação a eventos extremos;

Sensoriamento Remoto: Utilizando imagens de satélite e técnicas de aprendizado de máquina, a IA pode monitorar desmatamento, mudanças no uso do solo e degradação de ecossistemas em tempo real.

#### 2. Apoio à Tomada de Decisões

Modelagem de Cenários: Ferramentas de IA podem simular diferentes cenários de políticas climáticas, ajudando os formuladores de políticas a entender os possíveis impactos de suas decisões;

Otimização de Recursos: A IA pode ajudar a otimizar a alocação de recursos financeiros e materiais para projetos de mitigação e adaptação, garantindo mais eficiência e eficácia.

#### 3. Desenvolvimento de tecnologias limpas

Eficiência Energética: Algoritmos de IA podem ser usados para melhorar a eficiência energética em diversos setores, desde a indústria até o consumo doméstico, reduzindo emissões de carbono;

**Inovação em Energias Renováveis:** A IA pode acelerar a inovação em tecnologias de energia renovável, como otimização de painéis solares e turbinas eólicas, por análise de dados de desempenho e condições ambientais.

#### 4. Promoção de Soluções Baseadas na Natureza

**Conservação da Biodiversidade:** IA pode identificar áreas críticas para a conservação da biodiversidade, priorizando esforços de proteção e restauração com base em dados de biodiversidade e ecossistemas;

**Agricultura Sustentável:** Ferramentas de IA podem ajudar a desenvolver práticas agrícolas mais sustentáveis, como irrigação de precisão e controle de pragas, reduzindo o impacto ambiental.

### 5 DESAFIOS E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

#### 1. Transparência e Responsabilidade

**Efetividade dos Modelos:** É essencial que os modelos de IA utilizados sejam transparentes e compreensíveis para os tomadores de decisão, garantindo que as decisões sejam baseadas em dados confiáveis.

**Responsabilidade nas Decisões:** As decisões assistidas por IA devem ser acompanhadas de responsabilidade humana, evitando a automação de decisões críticas sem supervisão.

#### 2. Acesso e Equidade

**Acesso a Tecnologias:** Garantir que países em desenvolvimento tenham acesso às tecnologias de IA é crucial para uma implementação equitativa das soluções climáticas;

**Desigualdades Digitais:** Abordar as desigualdades digitais é fundamental para que a IA beneficie a todos, especialmente em contextos de adaptação climática.

A integração da IA nas COP pode transformar a maneira como se enfrentam os desafios climáticos, oferecendo soluções inovadoras e eficientes. No entanto, é fundamental abordar os desafios éticos e práticos associados ao uso da IA garantindo que essas tecnologias sejam utilizadas de maneira justa, transparente e responsável. A colaboração entre governos, setor privado e sociedade civil será crucial para maximizar o potencial da IA em apoiar os objetivos das COP.

### 6 CONCEITOS DE IA, ESG E LIMITES ÉTICOS

#### 6.1 IA e Sustentabilidade (ESG)

**IA e ESG (Environmental, Social, and Governance) –** um tema crucial para o futuro do direito: é imprescindível que, na Governança Corporativa, o uso da IA na tomada de decisões seja feito dentro das normas de éticas e transparências que a atividade empresarial exerce nos dias atuais. É também de suma importância que tenha como objetivo, na sua utilização, a promoção da equidade e inclusão de todos os envolvidos.

## 6.2 Os Limites Éticos da IA

Neutralidade da IA: Garantir que os sistemas de IA sejam imparciais e livres de preconceitos;

Uso responsável: Estabelecer diretrizes claras para o uso ético da IA na prática jurídica; Discussão por domínios: Analisar as implicações éticas da IA em diferentes áreas do direito;

Vieses Algorítmicos: Autonomia e Segurança;

Reflexões Éticas: Identificar e mitigar riscos é crucial para o uso ético da IA.

## 7 APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIREITO AMBIENTAL

### 1. Monitoramento e Análise de Dados Ambientais

Uso de sensores IoT e drones equipados com IA para coletar e analisar dados ambientais em tempo real;

Aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina para detectar padrões de poluição e mudanças nos ecossistemas.

### 2. Previsão e Modelagem de Impactos Ambientais

Modelagem preditiva para avaliar os impactos de projetos de desenvolvimento no meio ambiente;

Simulações de cenários para prever os efeitos das mudanças climáticas e orientar políticas de mitigação.

### 3. Conformidade e Fiscalização

Implementação de sistemas baseados em IA para monitorar o cumprimento das regulamentações ambientais;

Utilização de *chatbots* e assistentes virtuais para auxiliar empresas e governos na interpretação e aplicação de normas ambientais.

## 8 BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO DA IA NO DIREITO AMBIENTAL

Eficiência e Precisão: A IA pode processar grandes volumes de dados rapidamente, oferecendo análises precisas que superam as capacidades humanas;

Proatividade: Ferramentas de IA podem prever problemas antes que ocorram, permitindo ações preventivas em vez de reativas;

Redução de Custos: Automatizar processos de monitoramento e fiscalização pode reduzir significativamente os custos operacionais.

Prevenção de Crimes Ambientais: Como bem exposto por Potasche, Eliana Sgarbi de Carvalho e Gil, Mauro Cesar Cantarino<sup>9</sup> sobre o tema que assim aduz:

*“A utilização da inteligência artificial – em especial da Lógica Fuzzy – pode mostrar-se exitosa no controle social formal exercido pelos órgãos de controle ambiental em suas respectivas áreas de atuação, na medida em que facilita localizar discrepâncias entre a realidade e as normas ambientais.”*

<sup>9</sup> POSTACHEFF, Eliana Sgarbi de Carvalho; GIL, Mauro Cesar Cantarino. A relevância da inteligência artificial no Direito Penal: o uso da Lógica Fuzzy no incremento do controle social formal na gestão pública dos resíduos industriais. *Research, Society and Development*, v.13, n. 1, e5313144766, 2024, p.15.

*cias nas informações alimentadas nos bancos de dados, em especial quanto à quantidade de resíduos transportada, às condições de segurança em que tal transporte acontece e ao local para onde os resíduos são destinados”.*

## 8.1 Aplicações Práticas

Monitoramento Ambiental:

- Uso de drones equipados com IA para monitorar desmatamento e mudanças no uso do solo.

- Sensores inteligentes para detectar poluição do ar e da água em tempo real.

Análise de Dados:

- Algoritmos de aprendizado de máquina para prever padrões climáticos e avaliar riscos ambientais.

- Análise de imagens de satélite para detectar alterações ambientais e avaliar o impacto de políticas de conservação.

Regulamentação e Cumprimento:

- Sistemas automatizados para verificar o cumprimento de regulamentações ambientais.

- IA para analisar grandes volumes de dados legais e regulamentares, facilitando a conformidade.

## 8.2 Vantagens da IA no Direito Ambiental

Eficiência: A IA pode processar e analisar dados em uma velocidade e precisão que superam as capacidades humanas;

Escalabilidade: Soluções baseadas em IA podem ser escaladas para monitorar grandes áreas geográficas;

Previsibilidade: Modelos preditivos podem ajudar a antecipar problemas ambientais e planejar intervenções proativas.

## 9 DESAFIOS E LIMITAÇÕES

Precisão dos Dados: A eficácia da IA depende da qualidade e precisão dos dados disponíveis;

Questões Éticas: O uso de IA levanta preocupações éticas, especialmente em relação à privacidade e ao uso de dados sensíveis;

Dependência Tecnológica: A implementação da IA pode criar uma dependência excessiva da tecnologia, reduzindo a capacidade de resposta humana em situações críticas.

## 10 OPORTUNIDADES FUTURAS

A inteligência artificial oferece inúmeras oportunidades para melhorar a governança ambiental. À medida que a tecnologia avança, espera-se que a IA se torne ainda mais integrada aos sistemas de gestão ambiental, facilitando a criação de políticas mais eficazes e sustentáveis.

10.1 Integração de Sistemas: Desenvolvimento de plataformas integradas que combinam dados de várias fontes para fornecer uma visão holística do ambiente, monitoramento em tempo real conforme exposado por Almeida, João Carlos<sup>10</sup>:

*“A inteligência artificial possibilita o monitoramento ambiental contínuo, fornecendo dados em tempo real que aumentam a capacidade de resposta dos órgãos públicos e reduzem danos ambientais”.*

10.2 Colaboração Internacional: Uso de IA para facilitar a colaboração entre países em questões ambientais globais. Na visão de Ramos, Daniela M.<sup>11</sup>, temos:

*“A cooperação internacional é fundamental para o desenvolvimento de sistemas de inteligência artificial voltados à proteção ambiental, permitindo a troca de dados, tecnologias e práticas regulatórias entre países em prol da sustentabilidade global.”*

10.3 Inteligência Artificial na previsão e prevenção de desastres: Um dos destaques importante está no uso da inteligencia artificial como meio de prevenção e previsão de desastres naturais, atuando como aliado para antecipar os desastres, como bem nos ensina Silva, Maria Rocha da<sup>12</sup>:

*“Modelos preditivos baseados em IA são instrumentos promissores para antecipar desastres naturais e orientar políticas públicas mais eficazes de mitigação ambiental”.*

10.4 Combate ao desmatamento com inteligência artificial e dados de satélite: Considerando o avanço da tecnologia e a utilização de satélites para um alcance maior de dados, consideramos ser este um grande aliado no combate ao desmatamento clandestino, com capturas precisas de imagens que corroboram com a fiscalização ambiental. Nesse diapasão, compactuamos dos pensamentos de Freitas, Lucas<sup>13</sup>:

*“A inteligência artificial aplicada a imagens de satélite tem revolucionado o combate ao desmatamento, ao permitir a detecção quase imediata de atividade ilegais em áreas protegidas”.*

10.5 Inteligência artificial como diretriz à tomada de decisão ambiental: Temos uma ferramenta poderosa com capacidade de direcionamento para tomadas de decisões eficazes no apoio ao suporte técnico governamental utilizando o cruzamento de informações através dos algoritmos, gerando assim uma resposta rápida e eficaz a gestão pública. Na mesma linha, temos os ensinamentos de Costa, Ana Lúcia<sup>14</sup>:

<sup>10</sup> ALMEIDA, João Carlos. Tecnologia e meio ambiente: inovação e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2021.p.89.

<sup>11</sup> RAMOS, Daniela M. Diplomacia digital e meio ambiente: o papel da inteligência artificial na cooperação internacional. Brasília: Enap, 2023. P.142.

<sup>12</sup> SILVA, Maria Rocha da. Governança ambiental inteligente: aplicações da IA no setor público. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2022. p. 134.

<sup>13</sup> FREITAS, Lucas. Geotecnologias e proteção ambiental no Brasil. Brasília: IPEA, 2020.p.211.

<sup>14</sup> COSTA, Lúcia. Gestão Pública e algoritmos: inteligência artificial e políticas ambientais. Belo Horizonte: UFMG, 2023. p. 77.

*“A integração da IA aos sistemas de governança ambiental fornece suporte técnico e analítico para a tomada de decisões mais eficientes, com base em grandes volumes de dados”.*

10.6 Otimização da fiscalização e transparência: O simples fato de cruzamento de dados, apresenta um padrão fiscalizatório eficiente para sanar as irregularidades fiscais na área ambiental. Assim nos ensina Mendes, Rafael Augusto<sup>15</sup>:

*“O uso de IA promove maior transparência na gestão ambiental ao cruzar dados, identificar padrões de irregularidades e otimizar a fiscalização ambiental”.*

10.7 Educação e Conscientização: Utilização de IA para desenvolver programas educacionais que aumentem a conscientização sobre questões ambientais. Considerando o teor da fala de Oliveira, Beatriz Ferreira<sup>16</sup> que assim aduz:

*“A educação digital voltada à governança ambiental é essencial para garantir o uso ético e responsável da inteligência artificial, promovendo não apenas eficiência, mas também cidadania ecológica e justiça ambiental”.*

## 11 ESTUDOS DE CASO

Para ilustrar o impacto da inteligência artificial no direito ambiental, será analisado um estudo de caso em que a IA foi implementada com sucesso:

O IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo é uma instituição que integra o quadro de Institutos de Pesquisa do Estado de São Paulo. Suas atividades técnico científicas caracterizam-se pela produção e aplicação de conhecimento geográfico na solução de problemas relativos à Divisão Administrativa e Territorial e na edição de produtos cartográficos de alta precisão. Atualmente, o IGC está vinculado à SDUH – Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Estado de São Paulo – e tem como objetivo promover o conhecimento do território paulista, oferecendo produtos como cartas e mapas do Estado, de suas regiões e de seus municípios.

Criado em 1979, o IGC recebeu as suas atuais atribuições legais ao suceder o antigo IGG – Instituto Geográfico Geológico (1938-1975) e, antes deste, a CGG – Comissão Geográfica e Geológica (1886-1931). Ambos executaram atividades similares às do IGC, com a adição de pesquisas, trabalhos de campo, análise nas áreas de Geologia, Geodésia e Meteorologia, entre outras.

É um Serviço especializado contínuo de fornecimento de alertas de detecção por imagens diárias de satélites (adquiridas pela constelação Planet Scope, composta por mais de 180 satélites). Essa tecnologia captura imagens e, por meio de um algoritmo automatizado, detecta a ocorrência de desmatamentos e outras alterações no território.

Em janeiro de 2023, o Governo do Estado de São Paulo lançou a plataforma SMAS – Sistema de Monitoramento de Alertas por Satélites Alertas – advindos da

---

<sup>15</sup> MENDES, Rafal Augusto. Inovação digital na governança ambiental. Curitiba: Appris, 2021.p.105.

<sup>16</sup> OLIVEIRA, Beatriz Ferreira. Educação ambiental e transformação ambiental: desafios éticos no uso da inteligência artificial. São Paulo: Cortez, 2022.p.98.

adesão ao Programa Brasil+, do Ministério da Justiça e Segurança Pública, por meio da Diretoria Técnico-Científico da Polícia Federal e do contrato SDUH/IGC com a empresa Santiago & Cintra Consultoria (SCCON).

Pela plataforma é possível obter Alertas de detecção de mudança desde 5/10/2023; Foram criados Ortomasicos trimestrais (distribuição pública) por meio de Imagens de satélite de alta resolução sob demanda: 1.254,42 km<sup>2</sup>, em que é possível a detecção de área superior a 0,1 ha (hectare): 1.000 m<sup>2</sup>.

A Plataforma SMAS – Dashboard disponibiliza informações com o Alerta de detecção de mudança por meio dos Ortomasicos mensais, que desde 2017, com Imagens diárias de satélites, oferecem classificação por quatro tipos de informações nas áreas urbanas e rurais: Classe Brasil M.A.I.S:

Abertura de vias; Desmatamento – Corte Raso;

Edificações novas ou suprimidas/demolidas Classe adicional contratada: Limpeza de Terreno: Movimentação de terra/solo exposto.

Figura 1 –



**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO** **Trecho do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Hidrocarbonetos** **SÃO PAULO** **metrópole das cidades**

### Reuniões com Órgãos Beneficiados e suas Ações

Melhor entendimento do território

Incorporação das alertas nas ações diárias de fiscalização ambiental do Estado

Reuniões individuais de apoio aos beneficiários

Cerca de 38% das alertas passíveis de fiscalização em campo

Apoio nas ações de prevenções aos riscos

Apoio nos trabalhos de fiscalização nas alterações na cobertura forestal e intervenções em Áreas de APP

Canal de comunicação para envio de documentos, ofícios, solicitações, dúvidas, sugestões, alterações de responsáveis titulares e suplementares entre outras demandas para os trabalhos SMAS junto ao IGC. Encaminhar para o e-mail:

[smas.igc@sp.gov.br](mailto:smas.igc@sp.gov.br)

Fonte: Monitoramento de Desmatamento na Amazônia:

- Utilização de satélites equipados com IA para detectar mudanças no uso da terra em tempo real;
- Algoritmos de aprendizado profundo identificam áreas de risco e alertam as autoridades para intervenções rápidas.

Controle de Poluição em Águas Costeiras:

- Implementação de redes de sensores inteligentes para monitorar a qualidade da água;
- Análise de dados em tempo real para prever eventos de poluição e desencadear ações de mitigação.

Gestão de Resíduos em Cidades Inteligentes:

- Sistemas de IA otimizam a coleta e reciclagem de resíduos urbanos, reduzindo o impacto ambiental;
- Aplicativos móveis informam os cidadãos sobre práticas de descarte sustentável.

## 12 FUTURO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIREITO AMBIENTAL

O futuro da IA no direito ambiental é promissor, com várias tendências emergentes que podem ampliar ainda mais seu impacto:

Desenvolvimento de Algoritmos Verdes: Foco na criação de algoritmos que consomem menos energia e têm menor impacto ambiental;

IA Colaborativa: Plataformas que permitem a colaboração entre governos, empresas e ONGs para compartilhar dados e estratégias de proteção ambiental;

Educação e Conscientização: Uso de IA para desenvolver programas educacionais que aumentem a conscientização pública sobre questões ambientais.

## 13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração da inteligência artificial no direito ambiental representa uma oportunidade única para enfrentar os desafios ambientais do século XXI. Ao adotar essas tecnologias, pode-se não apenas melhorar a eficácia das políticas ambientais, como também promover uma cultura de responsabilidade e sustentabilidade.

No entanto, é essencial que o desenvolvimento e a implementação dessas tecnologias sejam guiados por princípios éticos sólidos e um compromisso com a equidade social. Somente assim será possível garantir que os benefícios da IA sejam amplamente distribuídos e contribuam para um futuro mais sustentável e justo.

Este artigo destaca a importância de uma abordagem equilibrada que combine inovação tecnológica com responsabilidade social e ambiental. A inteligência artificial, quando usada corretamente, pode ser uma ferramenta poderosa para proteger este planeta e garantir um futuro sustentável para as próximas gerações.

## 14 CONCLUSÃO

A inteligência artificial tem o potencial de revolucionar o direito ambiental, oferecendo ferramentas poderosas para o comando e controle das políticas ambientais. Embora existam desafios a serem superados, as oportunidades oferecidas pela IA são vastas e promissoras. A integração eficaz da IA no direito ambiental pode não apenas melhorar a eficiência das políticas existentes, como também abrir caminho para novas abordagens na proteção do meio ambiente.

## 15 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Carlos. Tecnologia e meio ambiente: inovação e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2021.p.89.

ANTUNES, Paulo de Bessa, Direito ambiental, 11<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, Lumen Juris, ano 2007. p.187/385.

CASTELINI, Eduardo Del Neru. A questão dos créditos de carbono e sua viabilidade jurídica.1ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.p.37.

CANAL USP, Implicações éticas e sociais da inteligência artificial, Debate – USP Talks#48, 19 jun. 2023, 1 vídeo (40:01 min), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=a20U7gqVMKI>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

COSTA, Lúcia. Gestão Pública e algoritmos: inteligência artificial e políticas ambientais. Belo Horizonte: UFMG, 2023. p. 77.

FINGER, Marcelo, Implicações éticas e sociais da inteligência artificial, Canal USP, 19 jun. 2023, 1 vídeo (16 min), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=CjiOJDdahl4>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

FREITAS, Lucas. Geotecnologias e proteção ambiental no Brasil. Brasília: IPEA, 2020.p.211.

GOMES, Carla Amado. Contributos para o estudo do direito da proteção da biodiversidade. Lisboa: Instituto de Ciências Jurídico-Políticas, 2010.p.5.

INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS DA USP. A inteligência Artificial no mundo do trabalho, impactos, inquietudes e desafios, 27 mar. 2024, 1 vídeo (2:09:53 hrs), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FmP9jGKIAwc>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

KAUFMAN, Dora, Implicações éticas e sociais da inteligência artificial, Canal USP, 19 jun. 2023, 01 vídeo (2:28 min), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KZGY0i5mAzs>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

MENDES, Rafa Augusto. Inovação digital na governança ambiental. Curitiba: Appris, 2021.p.105.

NICOLELIS, Miguel, Inteligência Artificial, tudo o que você precisa saber, programa 20 minutos, 12 jun. 2023, 1 vídeo (1:20:14 hr.), Disponível em: <[https://www.youtube.com/live/pb4b4\\_MINwo](https://www.youtube.com/live/pb4b4_MINwo)>, Acesso em: 16 jan. 2025.

OAB SÃO PAULO, Inteligência artificial generativa para advogados, 14 jun. 2024, 1 vídeo (3:17:25 hrs), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Lx0UFP15gyU>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

OLIVEIRA, Beatriz Ferreira. Educação ambiental e transformação ambiental: desafios éticos no uso da inteligência artificial. São Paulo: Cortez, 2022.p.98.

ONDÉ, Luiz Felipe, É possível criar uma Inteligência Artificial ética e responsável? Convergint Brasil, 24 maio 2023, 1 vídeo (38:22 min), Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VsjtBnkdB8>>, Acesso em: 16 jan. 2025.

POSTACHEFF, Eliana Sgarbi de Carvalho; GIL, Mauro Cesar Cantarino. A relevância da inteligência artificial no Direito Penal: o uso da Lógica Fuzzy no incremento do controle social formal na gestão pública dos resíduos industriais. Research, Society and Development, v.13, n. 1, e5313144766, 2024, p.15.

RAMOS, Daniela M. Diplomacia digital e meio ambiente: o papel da inteligência artificial na cooperação internacional. Brasília: Enap, 2023. P.142.

SILVA, Laura Auxiliadora Martins da. Créditos de carbono e sustentabilidade: os caminhos do novo capitalismo. 1.ed. São Paulo: Lazuli – Companhia Editora Nacional, 2008.p.45.

SILVA, Maria Rocha da. Governança ambiental inteligente: aplicações da IA no setor público. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2022. p. 134.

TASSARA, Eda Terezinha de Oliveira. Mudanças Climáticas e mudanças socioambientais globais: reflexões sobre alternativas do futuro. Brasília: UNESCO, 2010.p.15.