

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Napolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito e sustentabilidade I [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Ana Flavia Costa Eccard; Jerônimo Siqueira Tybusch; Regina Vera Villas Boas. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-179-0

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Direito Governança e Políticas de Inclusão

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Sustentabilidade. VIII Encontro Virtual do CONPEDI (2; 2025; Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



Conselho Nacional de Pesquisa
e Pós-Graduação em Direito Florianópolis
Santa Catarina – Brasil
www.conpedi.org.br

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

Apresentação

É com grande satisfação que prefaciamos os trabalhos selecionados e apresentados pelo Grupo de Trabalho “Direito e Sustentabilidade I” no âmbito do VII Encontro Virtual do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito – CONPEDI. Com mais de uma década de tradição, este GT se consolidou como um espaço de excelência acadêmica, promovendo o debate crítico e interdisciplinar sobre temas fundamentais para o enfrentamento dos desafios socioambientais do nosso tempo.

Ao longo desses anos, o Grupo de Trabalho tem sido palco para o intercâmbio entre pesquisadoras, pesquisadores, estudantes de pós-graduação e profissionais do Direito de todas as regiões do Brasil, além de contar com ativa participação em eventos internacionais promovidos pelo CONPEDI. Essa diversidade de perspectivas é, sem dúvida, uma de suas maiores fortalezas.

Nesta edição especial, o GT reafirma sua relevância ao reunir reflexões atuais e profundamente conectadas com as grandes questões ambientais e climáticas globais. Os trabalhos discutidos abordam desde a (im)prescritibilidade do termo de embargo nos processos administrativos ambientais no Brasil e na Espanha até os desafios jurídicos associados à expansão do mercado de ouro e seus impactos sobre povos originários, como a comunidade Yanomami. A inteligência artificial, a regulação do mercado de carbono, a justiça tributária climática e a proteção da biodiversidade são apenas algumas das muitas temáticas abordadas com rigor e compromisso ético.

Os estudos apresentados discutem também temas emergentes como o hidrogênio verde no estado do Piauí, a economia circular na indústria automotiva, os nudges ambientais e a importância da educação ambiental para a efetividade dos direitos humanos e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Essa multiplicidade de enfoques revela a complexidade dos problemas enfrentados e a necessidade de soluções igualmente complexas, integradoras e sustentáveis.

O Grupo de Trabalho “Direito e Sustentabilidade I” segue, assim, cumprindo um papel essencial na formação de uma comunidade jurídica engajada com a transformação social e ambiental, contribuindo para o fortalecimento de um Direito comprometido com a justiça climática, a equidade intergeracional e a defesa dos bens comuns.

Desejamos a todas e todos uma leitura instigante, que desperte novas inquietações e fomenta o engajamento contínuo com as pautas da sustentabilidade e dos direitos ambientais.

Coordenação do Grupo de Trabalho Direito e Sustentabilidade I

VII Encontro Virtual do CONPEDI – 2025

AMAZÔNIA INTELIGENTE: O PAPEL DA IA NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL E NA PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

SMART AMAZON: THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENVIRONMENTAL ENFORCEMENT AND NATURAL RESOURCES PROTECTION

Albfredo Melo De Souza Junior ¹

Jeibson Dos Santos Justiniano ²

Naymê Araújo de Souza ³

Resumo

O objetivo deste estudo é analisar a aplicação da inteligência artificial como instrumento de monitoramento e conservação ambiental na região amazônica, com especial destaque para os projetos Curupira e Yara, desenvolvidos pela Universidade do Estado do Amazonas. A pesquisa parte da seguinte indagação: em que medida o uso de tecnologias baseadas em IA pode suprir as limitações estruturais do poder público no combate ao desmatamento e à degradação ambiental, e quais os seus impactos jurídicos e socioambientais? Para tanto, o artigo estrutura-se em três eixos principais: inicialmente, discute-se o contexto de degradação ambiental na Amazônia e os seus desafios históricos de fiscalização; em seguida, apresentam-se os fundamentos que sustentam o uso da IA na proteção ambiental, à luz dos princípios constitucionais e da legislação infraconstitucional brasileira; por fim, analisa-se, a partir de estudos de caso, a atuação dos projetos Curupira e Yara, considerando suas funcionalidades, resultados e implicações legais e éticas. A metodologia utilizada é qualitativa, com abordagem dedutiva e técnica bibliográfica, a partir de consulta à doutrina, legislação e documentos institucionais. Como resultado, a pesquisa demonstra que a implementação de tecnologias de IA tem potencial para transformar a governança ambiental, desde que acompanhada de estrutura normativa compatível e orientada por princípios de justiça ambiental e transparência algorítmica. Conclui-se que, embora ainda em fase de consolidação, projetos como o Curupira e o Yara revelam o papel estratégico da inovação tecnológica na promoção de políticas públicas ambientais eficazes e sustentáveis na

Palavras-chave: Inteligência artificial, Direito ambiental, Sustentabilidade, Amazônia, Monitoramento ambiental

Abstract/Resumen/Résumé

The objective of this study is to analyze the application of artificial intelligence as an instrument for environmental monitoring and conservation in the Amazon region, with special emphasis on the Curupira and Yara projects, developed by the State University of Amazonas. The research is based on the following question: to what extent can the use of AI-based technologies overcome the structural limitations of public authorities in combating deforestation and environmental degradation, and what are their legal and socio-environmental impacts? To this end, the article is structured around three main axes: initially, the context of environmental degradation in the Amazon and its historical monitoring challenges are discussed; then, the foundations that support the use of AI in environmental protection are presented, in light of constitutional principles and Brazilian infra-constitutional legislation; finally, the performance of the Curupira and Yara projects is analyzed, based on case studies, considering their functionalities, results, and legal and ethical implications. The methodology used is qualitative, with a deductive approach and bibliographic technique, based on consultation of doctrine, legislation, and institutional documents. As a result, the research demonstrates that the implementation of AI technologies has the potential to transform environmental governance, as long as it is accompanied by a compatible regulatory framework guided by principles of environmental justice and algorithmic transparency. It is concluded that, although still in the consolidation phase, projects such as Curupira and Yara reveal the strategic role of technological innovation in promoting effective and sustainable environmental public policies in the Amazon.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Artificial intelligence, Environmental law, Sustainability, Amazon, Environmental monitoring

INTRODUÇÃO

A crescente degradação ambiental observada nas últimas décadas tem impulsionado uma ampla mobilização global em torno da busca por soluções sustentáveis. Desde o término da Segunda Guerra Mundial, a humanidade vivenciou uma profunda intensificação das atividades econômicas, da produção industrial e da exploração de recursos naturais, fenômeno que Hibbard (2007) denomina de “grande aceleração”. Essa intensificação resultou em profundas transformações ambientais: entre 1890 e 1990, o consumo de água potável aumentou nove vezes, o volume de pescado cresceu 35 vezes e as emissões de dióxido de carbono se elevaram 17 vezes, conforme registra McNeill (2000). A consequência direta foi a destruição acelerada de ecossistemas, com destaque para o desmatamento de florestas tropicais, como a Amazônia.

Neste cenário, a Floresta Amazônica se destaca não apenas por sua imensa biodiversidade, mas também pela sua crescente vulnerabilidade à degradação provocada por ações humanas, como o avanço do desmatamento ilegal e a exploração predatória de seus recursos naturais. As dificuldades históricas de fiscalização em uma região de dimensões continentais, associadas à ausência de infraestrutura estatal em muitas áreas, reforçam a necessidade de adoção de mecanismos inovadores que aliem eficiência tecnológica e proteção ambiental. Nesse contexto, os avanços no campo da Inteligência Artificial (IA) têm despertado atenção como possível resposta a esse desafio.

A partir dessa constatação, projetos como o Curupira e o Yara, ambos desenvolvidos pelo Hub de Tecnologia e Inovação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), surgem como experiências concretas da aplicação da IA na proteção ambiental da Amazônia. O Projeto Curupira tem como objetivo detectar sons de motosserras e outras atividades suspeitas em áreas de floresta por meio de sensores conectados a algoritmos inteligentes, viabilizando alertas em tempo real às autoridades. Já o Projeto Yara atua no monitoramento da qualidade da água do rio Amazonas, utilizando dispositivos eletrônicos capazes de medir indicadores ambientais relevantes, como turbidez, oxigenação e condutividade elétrica.

A relevância deste estudo reside, portanto, na necessidade de compreender o papel da IA como instrumento jurídico e tecnológico de conservação da Floresta Amazônica, especialmente diante do dever constitucional, previsto no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, que impõe ao Estado e à coletividade o encargo de preservar o meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações. Trata-se de um tema que articula Direito Ambiental, inovação tecnológica e governança ecológica.

Diante desse cenário, este artigo busca responder à seguinte pergunta: em que medida a implementação da Inteligência Artificial por meio de projetos ambientais desenvolvidos na região amazônica atende às exigências da legislação brasileira e contribui para a conservação do bioma frente às atuais ameaças ambientais? Para tanto, a pesquisa se estrutura em três eixos principais: a) o contexto de degradação e os desafios históricos da fiscalização ambiental na Amazônia; b) a fundamentação jurídica e os princípios que sustentam a aplicação da IA na proteção ambiental; e c) o estudo dos projetos Curupira e Yara, com foco em sua atuação concreta, resultados e desafios éticos e institucionais.

Assim, o objetivo geral do trabalho é analisar, sob uma perspectiva jurídico-ambiental, os impactos e a viabilidade da utilização da Inteligência Artificial como instrumento de monitoramento e conservação ambiental no contexto amazônico. Especificamente, busca-se examinar o papel da IA no fortalecimento da governança ambiental; identificar os marcos legais aplicáveis à sua implementação; avaliar os efeitos concretos dos projetos analisados e, por fim, apontar os principais desafios jurídicos, técnicos e éticos que envolvem sua consolidação como política pública. A metodologia adotada é qualitativa, com abordagem dedutiva e técnica de pesquisa bibliográfica e documental, a partir do estudo de casos e da análise normativa e doutrinária relacionada ao tema.

1 A Crise da Fiscalização Ambiental na Região Norte

A compreensão da crise ambiental na Amazônia exige, antes de tudo, uma definição abrangente do que se entende por meio ambiente. Trata-se de um conceito que transcende a natureza em seu estado bruto e envolve, também, os aspectos humanos, sociais e institucionais que integram a dinâmica ecológica. Entre as formulações mais completas, destaca-se a proposta de Coimbra, segundo a qual:

“Meio ambiente é o conjunto dos elementos físico-químicos, ecossistemas naturais e sociais, em que se insere o homem, individual e socialmente, num processo de interação que atenda ao desenvolvimento das atividades humanas, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais do entorno, dentro dos padrões de qualidade definidos.” (Coimbra, 1985)

A Região Norte do Brasil, especialmente a Amazônia Legal, abriga uma das maiores biodiversidades do planeta e desempenha papel central na regulação climática global. Entretanto, a realidade ambiental da região contrasta com sua importância ecológica: o avanço contínuo do desmatamento, a grilagem de terras, a exploração ilegal de madeira e a degradação

dos recursos naturais refletem um quadro de persistente fragilidade na fiscalização e na efetividade das políticas públicas ambientais.

Em janeiro de 2025, o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), registrou um aumento de 68% na área desmatada da Amazônia Legal em relação ao mesmo mês do ano anterior, totalizando 133 km². A maior parte da devastação se concentrou nos estados de Mato Grosso, Roraima e Pará.

Essa crescente devastação converge com as preocupações levantadas por Nogueira Júnior, que adverte que a destruição do bioma pode desencadear consequências catastróficas, levando a um ponto de irreversibilidade que impede a regeneração natural e que possivelmente culmine na extinção da floresta:

[...] a resiliência da floresta amazônica está ameaçada pelo desmatamento e outras formas de degradação ambiental, afetando sua capacidade de adaptação e recuperação da degradação ambiental. O desmatamento e a degradação florestal levam à perda de espécies, erosão do solo, redução da disponibilidade de água e mudanças climáticas na região. Essa perda de resiliência pode ser atribuída a vários fatores, incluindo desmatamento, mudança climática, esgotamento de recursos naturais, fragmentação de habitat e degradação ambiental, como poluição. Esses fatores podem causar mudanças irreversíveis nas florestas, como perda de espécies e redução da diversidade genética. Os impactos ambientais da perda de resiliência da floresta amazônica são significativos, incluindo o agravamento das mudanças climáticas, perda de biodiversidade, erosão do solo, esgotamento dos recursos hídricos e prevalência de doenças e pragas. O estágio de perigo para a floresta amazônica é quando ela chega a um ponto sem retorno e não consegue se recuperar das mudanças ambientais que levam à extinção da floresta e à perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Esse período é chamado de 'colapso da floresta' e pode ser causado por várias formas de perturbação, como mudanças climáticas, desmatamento e degradação ambiental e a fragmentação de habitats. (Nogueira Junior, 2023, p. 115)

Diante da iminência desse colapso ecológico, é importante reconhecer que os impactos do desmatamento amazônico transcendem as fronteiras nacionais. Como destaca Freitas (2001), essa temática ganhou relevância global, pois os efeitos da degradação ambiental não se restringem a um único território, mas atingem diversas regiões, o que justifica a atenção coletiva e a responsabilidade compartilhada pela preservação ambiental como condição essencial à própria continuidade da vida no planeta.

Nesse contexto, torna-se imperativa a implementação de medidas de proteção que assegurem a manutenção desse bioma para as gerações atuais e futuras, em consonância com o que preconiza o caput do art. 225 da Constituição Federal:

Art. 225. Todos têm 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 (Brasil, 1988).

Ao atribuir tanto ao governo quanto à sociedade a obrigação de proteger e salvaguardar o meio ambiente, assegurando sua disponibilidade para as presentes e futuras gerações, a Constituição Federal prevê expressamente o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, o que se alinha com a perspectiva de Antônio Herman Benjamin:

Capítulo dos mais modernos, casado à democrática divisão de competências legislativas e de implementação no terreno ambiental, e a tratamento jurídico abrangente, a tutela do meio ambiente [...] não foi aprisionada somente no art. 225. Na verdade, saltou-se do estágio da miserabilidade ecológico-constitucional, próprio das Constituições liberais anteriores, para um outro que, de modo adequado, pode ser apelidado de opulência ecológico-constitucional [...] de toda sorte, o capítulo do meio ambiente nada mais é que o ápice ou a face mais visível de um regime constitucional que, em vários pontos, dedica-se, direta ou indiretamente, à gestão dos recursos ambientais (Benjamin, 2015, p. 112).

A análise proposta por Benjamin evidencia que a proteção ambiental no Brasil não se limita a um comando isolado, mas permeia diversas áreas da atuação estatal, demonstrando a centralidade da questão ecológica no atual regime constitucional. Trata-se, portanto, de um compromisso estruturante, que confere ao meio ambiente a condição de bem jurídico fundamental, essencial à qualidade de vida das presentes e futuras gerações.

Essa evolução constitucional brasileira em torno da proteção ambiental não ocorreu de forma isolada, mas refletiu um movimento global de conscientização ecológica. Eventos históricos como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972, e a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (ECO-92), desempenharam papel fundamental nesse processo de institucionalização da temática ambiental na agenda internacional. Como aponta Ozório José de Menezes Fonseca, em sua obra “Pensando a Amazônia”:

[...] a questão ambiental começou a ser institucionalizada no mundo a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (United Nations Conference on the Human Environment), realizada em Estocolmo, em junho de 1972. Todos os postulados, teorias, conceitos e princípios direcionados para a preservação do planeta, que emanaram daquele evento, foram intensamente discutidos no mundo todo durante 20 anos, e as grandes conclusões levadas para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (United Nations Conference on Environment and Development), realizada em 1992, no Rio de Janeiro. (2011, p. 391-392).

A partir desse contínuo debate internacional, consolidou-se, especialmente na ECO-92, o conceito de desenvolvimento sustentável, que propõe a harmonização entre crescimento econômico, inclusão social e preservação ambiental. A elaboração da Agenda 21 representou

um marco nesse sentido, estabelecendo diretrizes práticas para os países signatários no intuito de orientar políticas públicas voltadas para a sustentabilidade (Souza; Souza Junior, 2024).

No entanto, a transição desse discurso normativo e político para a prática revelou obstáculos consideráveis. Na Amazônia, a governança ambiental é constantemente desafiada por fatores como a extensão territorial, a precariedade de infraestrutura em áreas remotas, a escassez de recursos humanos e materiais nos órgãos de fiscalização, e a atuação de redes criminosas especializadas em crimes ambientais. Como aponta Nogueira Júnior, uma das razões que contribuem para esse colapso institucional está justamente na ausência de infraestrutura:

A falta de infraestrutura é um deles, eis que a Amazônia é uma região vasta e pouco povoada, com poucas estradas e infraestrutura limitada. Isso torna difícil o acesso à justiça e a prestação de serviços jurídicos para a população local. Ou seja, a falta ou deficiência de infraestrutura na região amazônica pode afetar a qualidade das políticas públicas e o acesso à justiça, dificultando a prestação de serviços jurídicos para a população local. (Nogueira Junior, 2023, p. 115)

Essa ausência de infraestrutura adequada compromete não apenas o acesso a direitos fundamentais, mas também a efetividade das ações de preservação ambiental, ampliando a vulnerabilidade do bioma frente a atividades ilícitas como o desmatamento, a grilagem de terras e a exploração predatória de recursos naturais.

Se, por um lado, as dificuldades de infraestrutura e a limitação da presença estatal já representam desafios significativos, por outro, constata-se que, mesmo diante de um arcabouço jurídico considerado avançado – que inclui, além do texto constitucional, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) e o Código Florestal (Lei nº 12.651/12) –, a efetividade prática das normas ainda se mostra limitada frente à complexidade da realidade amazônica.

Não obstante, observa-se que, nas últimas décadas, importantes instrumentos de planejamento e regulação foram elaborados, buscando conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental. Nessa perspectiva, o Direito desempenha função estratégica ao disciplinar práticas potencialmente lesivas ao meio ambiente e estruturar políticas públicas voltadas à promoção da sustentabilidade, atuando tanto na criação de normas que regulam condutas humanas prejudiciais quanto no estímulo a práticas que favoreçam a preservação ambiental, (Souza et al., 2024).

Entre essas iniciativas, destaca-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009, que estabelece diretrizes para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e a adaptação a seus impactos. Entre as metas previstas no plano, incluem-se iniciativas para a redução do desmatamento na região amazônica, a promoção da produção de energia a partir de fontes renováveis, o estímulo ao uso de biocombustíveis

como biodiesel e álcool, além da ampliação de programas de reciclagem e incentivo à eficiência energética (IPAM Amazônia, 2025).

Diante desse contexto, torna-se evidente a necessidade de repensar os instrumentos de proteção ambiental, incorporando tecnologias emergentes, como a inteligência artificial, que ofereçam maior capilaridade, precisão e eficiência na detecção e no combate a ilícitos ambientais. A articulação entre tecnologia e normatividade, portanto, mostra-se indispensável para que a proteção da floresta amazônica deixe de ser uma promessa constitucional e se converta em realidade efetiva.

2 Inteligência Artificial e Sustentabilidade Ambiental

A Inteligência Artificial (IA) é concebida, em sua forma mais geral, como a capacidade de sistemas computacionais desempenharem tarefas que, até então, exigiriam a cognição humana. Segundo Tegmark (2018), a IA consiste em programas de computador capazes de realizar tarefas complexas, habitualmente desempenhadas por humanos, como análise de padrões, reconhecimento visual e tomada de decisões.

Em definição semelhante, Norvig (2021) descreve a IA como o estudo de agentes que percebem seu ambiente e tomam ações que maximizam suas chances de atingir seus objetivos. Outro conceito que sintetiza de forma clara e abrangente a noção de inteligência artificial é apresentado por Luca Strazzera:

"Um sistema de IA pode ser de diferentes tipos, ou seja, consistir apenas em software ou mesmo incluir hardware, sendo possível distinguir entre sistemas que interagem com o ambiente físico ou digital, ou ambos (2). Eles adquirem dados do ambiente de referência, por meio do uso de sensores (wi-fi, câmeras etc.), e os processam para transformá-los em informações úteis para o processo de tomada de decisão, ou seja, para estabelecer a consequente ação a ser tomada (por exemplo, análise de uma imagem ou texto para identificar um elemento, na presença do qual a ação de resposta deve ser ativada). Esse conceito de decisão deve ser entendido em sentido amplo, ou seja, como ato de selecionar a ação a ser executada, sem Pressupor a autonomia do sistema. A ação do sistema de IA é estabelecida de acordo com o objetivo pretendido e é, portanto, racional (a racionalidade é um dos elementos fundamentais de uma IA). Ela será então realizada por meio de ferramentas chamadas atuadores, que podem ser constituídas por elementos físicos ou mesmo apenas programas de software (daí a distinção, já feita, dependendo do tipo de ambiente com o qual o sistema interage). Assim, surgem as três principais capacidades de uma IA, a saber, percepção, raciocínio ou tomada de decisão e implementação. No final deste último, o sistema de IA também pode ser programado para modificar seus métodos de tomada de decisão, com base na análise dos resultados obtidos: neste caso, é um sistema de IA equipado com aprendizado" (Strazzera, 2020)

Essa concepção estrutural da inteligência artificial, que combina percepção, tomada de decisão e execução racional, forneceu as bases para os primeiros estudos e experimentos científicos que buscavam reproduzir capacidades cognitivas por meio de máquinas, iniciados

ainda no século XX. O nascimento da IA remonta à década de 1950, tendo evoluído de forma modesta até aproximadamente 2015, quando os avanços computacionais e o acesso a grandes volumes de dados possibilitaram um novo ciclo de desenvolvimento (Lima, 2024).

Nesse novo cenário, a inteligência artificial deixou de ser apenas um campo técnico-científico para se tornar uma força de transformação social, política e jurídica de grande escala, como ressaltam Floridi et al. (2018), ao argumentarem que a IA contemporânea deve ser compreendida como um vetor capaz de remodelar setores inteiros da sociedade, inclusive as dinâmicas ambientais.

Atualmente, a IA encontra-se em uma fase avançada, caracterizada pela implementação de técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), em que os sistemas são capazes de aprender com os dados e aprimorar suas respostas automaticamente. Conforme observa Lima (2024), essa tecnologia é considerada uma das mais impactantes da modernidade e poderá se tornar tão onipresente quanto a eletricidade, integrando-se a todas as esferas da vida cotidiana.

Dentro dessa lógica, destaca-se o *deep learning*, que, segundo Bengio, Goodfellow e Courville (2016), é uma técnica de aprendizado baseada em redes neurais profundas – estruturas compostas por múltiplas camadas que permitem a análise hierárquica e refinada de dados, especialmente eficazes em tarefas como reconhecimento de imagens, tradução automática, processamento de linguagem natural e análise de sons ambientais.

Além do *machine learning*, outras tecnologias são frequentemente associadas à IA ambiental, como os sensores inteligentes, a Internet das Coisas (IoT) e os sistemas de sensoriamento remoto. Essas ferramentas possibilitam o mapeamento e a coleta de dados ambientais em tempo real, viabilizando análises contínuas e automatizadas de grandes áreas.

Nesse sentido, Souza *et. al* (2024, p. 3) destaca:

Avanços em tecnologias de monitoramento ambiental, como drones, sensoriamento remoto via satélite e inteligência artificial, estão revolucionando o monitoramento e meios de proteção dos ecossistemas naturais. Essas tecnologias permitem a coleta de dados em tempo real e em grande escala, fornecendo informações detalhadas sobre o uso do solo, a cobertura vegetal e a qualidade da água. Com essas ferramentas, é possível identificar áreas de risco, monitorar mudanças ambientais e planejar ações de conservação de maneira mais eficaz.

Esse avanço tecnológico possibilita não apenas uma resposta mais célere às ameaças ambientais, mas também amplia o alcance das ações de fiscalização e conservação, sobretudo em territórios extensos e de difícil acesso, como a Amazônia. Assim, a integração de ferramentas como a inteligência artificial e o sensoriamento remoto consolida-se como elemento estratégico para a efetividade das políticas públicas ambientais, superando limitações

tradicionais da ação estatal.

A aplicação da inteligência artificial em iniciativas de monitoramento ambiental tem ganhado crescente relevância tanto no Brasil quanto no exterior. Em âmbito internacional, destacam-se projetos como o Global Forest Watch, plataforma desenvolvida pelo World Resources Institute, que utiliza imagens de satélite e algoritmos de IA para monitorar florestas tropicais em tempo quase real, emitindo alertas automáticos sobre indícios de desmatamento (Global Forest Watch, 2025). Outro exemplo é o Rainforest Connection, que emprega dispositivos acústicos equipados com inteligência artificial para detectar sons característicos de motosserras em florestas tropicais, viabilizando a atuação imediata de agentes de fiscalização (Rainforest Connection, 2025).

No Brasil, embora a aplicação da inteligência artificial na agenda ambiental ainda esteja em fase inicial, iniciativas relevantes têm sido desenvolvidas para aprimorar o monitoramento dos recursos naturais. A Fundação CERTI (2020) destaca que o monitoramento ambiental, entendido como o conjunto de atividades sistemáticas voltadas à obtenção de dados sobre a situação dos ecossistemas, contribui diretamente para a mitigação de impactos, a preservação e o uso sustentável do meio ambiente. Nesse contexto, conforme salientam Souza et al. (2024), o monitoramento ambiental deixou de ser um processo lento e limitado para se tornar mais abrangente e ágil graças ao uso de tecnologias emergentes, como sensores remotos e inteligência artificial, que permitem avaliar em tempo real a saúde dos ecossistemas, a qualidade do ar e da água, e os impactos das atividades humanas.

Entre os principais benefícios proporcionados pela incorporação da IA no campo ambiental, destacam-se a agilidade na coleta e no processamento de dados, a capacidade de monitoramento de grandes extensões territoriais de forma contínua e em tempo real, e a precisão na identificação de riscos e padrões de degradação. Conforme aponta o World Economic Forum (2020), a inteligência artificial oferece ferramentas essenciais para a previsão de desastres ambientais, a otimização da gestão de recursos naturais e a redução dos custos operacionais das políticas de conservação.

Entretanto, apesar dos avanços, a aplicação da inteligência artificial no monitoramento ambiental não está isenta de limitações. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2021), desafios como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada, a proteção de dados sensíveis coletados por sistemas de monitoramento e a dependência de grandes plataformas tecnológicas privadas impõem barreiras importantes à efetividade dessas iniciativas.

Ademais, é fundamental considerar que a implementação de soluções baseadas em IA no campo ambiental deve ser orientada pelos princípios da justiça climática. Como ressaltam Lima e Pereira (2024, p. 3), a justiça climática exige que todas as populações, independentemente de sua localização geográfica ou condição socioeconômica, tenham acesso às ferramentas tecnológicas necessárias para mitigar e se adaptar aos impactos climáticos.

Nesse sentido, Floridi et al. (2018) alertam que o uso desmedido da inteligência artificial, sem a devida consideração dos contextos locais e das vulnerabilidades sociais, pode reforçar desigualdades históricas e marginalizar ainda mais comunidades já afetadas pelos impactos ambientais. Não obstante tais riscos, a utilização responsável e inclusiva da inteligência artificial apresenta um potencial significativo para a construção de estratégias ambientais mais eficazes, especialmente diante dos desafios crescentes impostos pela degradação dos ecossistemas naturais.

Nesse cenário, a proteção ambiental no século XXI passa, inevitavelmente, pela integração de tecnologias emergentes como a inteligência artificial aos instrumentos tradicionais de fiscalização e conservação. Ao permitir o monitoramento contínuo, a identificação precoce de riscos e a gestão mais eficiente dos recursos naturais, a IA amplia as possibilidades de preservação dos ecossistemas, em especial em regiões críticas como a Amazônia. Contudo, sua adoção exige uma reflexão constante sobre os riscos de exclusão social, a necessidade de políticas inclusivas e a responsabilidade ética no uso de dados ambientais. A seguir, serão analisados projetos pioneiros desenvolvidos na região Norte do Brasil que ilustram o potencial da IA aplicada à conservação ambiental: o Projeto Curupira e o Projeto Yara.

3 Aplicações práticas de IA na conservação da Amazônia: os Projetos Curupira e Yara

A conservação da Amazônia, dada sua dimensão territorial e complexidade socioambiental, exige a adoção de soluções tecnológicas inovadoras que permitam superar as limitações tradicionais de fiscalização e monitoramento ambiental. Nesse cenário, o desenvolvimento de sistemas baseados em inteligência artificial emerge como estratégia essencial para ampliar a eficácia das ações de proteção, garantindo a detecção precoce de ilícitos ambientais e a coleta contínua de dados relevantes para a gestão sustentável dos recursos naturais.

Dois projetos desenvolvidos pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) ilustram de maneira concreta o potencial transformador da aplicação de tecnologias inteligentes

na conservação da biodiversidade amazônica: o Projeto Curupira e o Projeto Yara.

O Projeto Curupira foi concebido para atuar no enfrentamento ao desmatamento ilegal, um dos principais vetores de degradação da floresta. Seu objetivo central é possibilitar o monitoramento sonoro em tempo real de atividades ilícitas, como o uso de motosserras e tratores em áreas de floresta densa, por meio de dispositivos autônomos equipados com inteligência artificial embarcada. Conforme descrevem Teixeira et al. (2023), o sistema Curupira utiliza microfones acoplados a sensores inteligentes que captam os sons do ambiente e processam os dados localmente, empregando modelos de machine learning implementados em TensorFlow Lite.

A comunicação dos alertas ocorre via tecnologia LoRa (Long Range), permitindo a transmissão de dados mesmo em ambientes de difícil conectividade, com alcance superior a 1 km. Além disso, os dispositivos foram projetados para operar com ultrabaixo consumo de energia (300 nA em modo de espera), prolongando sua autonomia em campo. A robustez física dos aparelhos também foi assegurada: como detalhado por Teixeira et al. (2023), a cápsula protetora, fabricada em material ABS de alta resistência, atende aos requisitos da norma IP65, assegurando proteção contra poeira e imersão em água.

Os resultados obtidos até o momento são expressivos: o modelo de inteligência artificial desenvolvido para o Curupira alcançou uma acurácia de 99,6% na detecção de sons relacionados ao desmatamento, com F1-Score de 99%, índices que evidenciam a alta confiabilidade do sistema. Adicionalmente, foi implementado um dashboard em tempo real, desenvolvido em NestJS e ReactJS, que possibilita a visualização imediata dos alertas gerados, potencializando a capacidade de resposta dos órgãos fiscalizadores.

Complementarmente, o Projeto Yara expande a aplicação da inteligência artificial para a proteção dos recursos hídricos da Amazônia. Diferentemente do Curupira, que se concentra na detecção de ilícitos terrestres, o Yara é voltado ao monitoramento da qualidade da água dos rios amazônicos, por meio de uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) equipada com sensores eletrônicos capazes de medir parâmetros como pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos (REVISTA CENARIUM, 2022).

A PCD Yara foi projetada para operar em ambientes desafiadores, como regiões ribeirinhas da Amazônia, transmitindo informações em tempo real para uma estação base localizada na UEA. O sistema utiliza comunicação sem fio, permitindo o acompanhamento contínuo mesmo em locais remotos (CONNECTED SMART CITIES, 2022). Desde sua

implementação inicial em Parintins, em 2021, o projeto tem demonstrado potencial para expansão, além de prever a inclusão de análises microbiológicas e o desenvolvimento de um software próprio para gerenciamento dos dados coletados (SUFRAMA, 2024).

O Projeto Yara, assim como o Curupira, enfrenta desafios técnicos relacionados à manutenção dos dispositivos e à infraestrutura de comunicação em áreas remotas. No entanto, ambos os projetos têm contribuído significativamente para o aprimoramento das estratégias de monitoramento ambiental, fornecendo bases de dados essenciais à formulação de políticas públicas voltadas à proteção dos recursos naturais da Amazônia.

Essas iniciativas evidenciam a capacidade da inteligência artificial de ampliar o alcance e a eficiência das ações de fiscalização ambiental, superando barreiras logísticas históricas. A detecção em tempo real de riscos ambientais representa uma mudança de paradigma em relação aos métodos tradicionais de monitoramento, frequentemente reativos e limitados pela dificuldade de acesso físico às áreas afetadas.

Contudo, a implementação em larga escala dessas soluções ainda demanda enfrentamento de desafios significativos, como o custo de produção dos dispositivos, a necessidade de infraestrutura de comunicação adequada, a capacitação de pessoal técnico e a integração efetiva dos dados gerados com as políticas públicas ambientais existentes. A sustentabilidade desses projetos também dependerá da atualização contínua dos modelos de inteligência artificial, para que consigam adaptar-se a novos contextos e padrões de degradação.

Em perspectiva, iniciativas como o Curupira e o Yara demonstram que a conjugação entre inovação tecnológica e governança ambiental pode oferecer caminhos viáveis para a proteção da Amazônia. Ao proporcionar meios mais eficazes de monitoramento e resposta, esses projetos não apenas fortalecem a aplicação da legislação ambiental, mas também contribuem para a construção de uma agenda de desenvolvimento sustentável que reconhece a centralidade da Amazônia para a estabilidade ecológica do planeta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente pressão sobre os ecossistemas amazônicos impõe a necessidade urgente de aperfeiçoar os instrumentos de monitoramento e fiscalização ambiental. Nesse contexto, a inteligência artificial desponta como ferramenta estratégica, capaz de superar limitações históricas de alcance, eficiência e tempestividade das ações de proteção da floresta e dos recursos hídricos.

Este estudo evidenciou como a aplicação de tecnologias inteligentes pode contribuir

de maneira significativa para a conservação da Amazônia, especialmente a partir da análise das experiências práticas proporcionadas pelos Projetos Curupira e Yara, ambos desenvolvidos pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). O primeiro, voltado à detecção sonora de atividades ilícitas em áreas florestais, e o segundo, dedicado ao monitoramento da qualidade da água dos rios amazônicos, ilustram o potencial das soluções tecnológicas para transformar as estratégias tradicionais de fiscalização ambiental, ainda majoritariamente baseadas em ações reativas e presenciais.

Os resultados obtidos por essas iniciativas — como a elevada acurácia na identificação de sons de desmatamento e a transmissão contínua de parâmetros ambientais em tempo real — demonstram que a integração entre inovação tecnológica e governança ambiental pode não apenas ampliar o alcance e a eficácia das ações de fiscalização, mas também antecipar respostas a riscos ambientais, fortalecendo as políticas públicas de proteção da biodiversidade.

Entretanto, a análise crítica revelou que o uso da inteligência artificial na conservação da Amazônia não prescinde de desafios. A limitação de infraestrutura de comunicação em regiões remotas, o custo elevado para implementação em larga escala, a necessidade de manutenção contínua dos dispositivos e a atualização permanente dos algoritmos evidenciam a complexidade técnica envolvida. Ademais, o respeito aos princípios da justiça climática impõe uma reflexão indispensável sobre a inclusão social na distribuição e no acesso às tecnologias ambientais, para que a inovação não reproduza ou amplifique desigualdades preexistentes.

Em perspectiva, a proteção efetiva da Amazônia exige a consolidação de uma agenda integrada, na qual a inteligência artificial e outras tecnologias emergentes sejam aliadas a políticas públicas inclusivas, à participação social e a uma ética ambiental comprometida com as futuras gerações. Não se trata apenas de aprimorar mecanismos de fiscalização, mas de redefinir o modelo de desenvolvimento para a região, valorizando a floresta em pé como ativo ambiental, social e econômico.

Assim, a adoção responsável e estratégica da inteligência artificial na governança ambiental representa uma oportunidade histórica para transformar o desafio da conservação amazônica em um projeto sustentável de futuro, no qual tecnologia, equidade e preservação se articulem em favor da vida e da estabilidade climática global.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L., FERREIRA, R., DIAS, M., Souza Jr., C., & Veríssimo, A. Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) – Janeiro de 2025. Belém: Imazon, 2025. Disponível em:

<https://imazon.org.br/publicacoes/sistema-de-alerta-de-desmatamento-sad-janeiro-de-2025/>. Acesso em: 20 abr. 2025.

BENJAMIN, Antônio Herman. **Constitucionalização do ambiente e ecologização da constituição brasileira**. CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE José Rubens Morato (Org.). Direito constitucional ambiental brasileiro. 6.^a ed., rev. São Paulo: Saraiva, 2015, p. 112.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, Senado, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 19 abr. 2025.

CERTI. **Entenda melhor o monitoramento ambiental por sensoriamento remoto**. Artigo publicado em Ago. de 2020. Disponível em < <https://certi.org.br/blog/monitoramento-ambientalsensoriamento-remoto/> > Acesso em 16 abr. 2024.

COIMBRÃ, José de Ávila Aguiar. **O outro lado do meio ambiente**. São Paulo: Cetesb, 1985.

CONNECTED SMART CITIES. Universidade do Estado do Amazonas cria o Projeto Yara para monitorar a qualidade da água dos rios na região amazônica. Portal Connected Smart Cities, 14 abr. 2022. Disponível em: <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2022/04/14/universidade-do-estado-do-amazonas-cria-o-projeto-yara-para-monitorar-a-qualidade-da-agua-dos-rios-na-regiao-amazonica/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh; BELTRAMETTI, Monica; CHATILA, Raja; LARA, Patricia; EDELMAN, Thomas; MÜLLER, Vincent; MULLER, Catelijne; ROSSI, Francesca. AI4People: An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. **Minds and Machines**, v. 28, n. 4, p. 689–707, 2018.

FONSECA, Ozorio José de Menezes. **Pensando a Amazônia**. Editora Valer, 2011, 22 ed. 496 p. ISBN: 978-85-7512-473-4.

FREITAS, Vladimir Passos de. **Direito Administrativo e Meio Ambiente**. 3^a Ed., Juruá, Paraná, 2001.

GLOBAL FOREST WATCH. Global Forest Watch. World Resources Institute. Disponível em: <https://www.globalforestwatch.org>. Acesso em: 25 abr. 2025.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2016.

HIBBARD, K.A. et al., **Group Report: decadal-scale interactions of humans and the environment, in Sustainability or Collapse**, R. Constanza, L.J. Gramlich and W. Steffen (eds.), the MIT Press. 2007.

LIMA, F. L. E. **Inteligência artificial e o princípio da precaução: premissas para uma inteligência artificial antropocêntrica**. Lumen Juris. 2024.

LIMA, Wuellinton Felipe Peres; PEREIRA, Lorena Iza. **Justiça Climática no Brasil: apontamentos para discussões do presente e do futuro**. Artigo publicado em 09 Dez. 2024. Disponível em < <https://www.brasildefato.com.br/2024/12/09/justica-climatica-no-brasilapontamentos-para-discussoes-do-presente-e-do-futuro>> Acesso em 17 abr. 2025.

MCNEIL, J. **Something new under the sun. An environmental history of the twentieth century**. Allen Lane, The Penguin Press. 2000.

NOGUEIRA JÚNIOR, Bianor Saraiva. **Amazonissínio: por um sistema jurídico pluridimensional da Amazônia**. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023, 267 p. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/58840>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SOUZA, Alcian Pereira de; SOUZA JUNIOR, Albefredo Melo. Greenwashing dos créditos de carbono: A Amazônia como palco de incertezas. Direito e sustentabilidade II [Recurso eletrônico on-line], Florianópolis: **CONPEDI**, 2024. p. 173-190. ISBN: 978-65-5648-986-5. Disponível em: <https://site.conpedi.org.br/publicacoes/351f5k20/5kf99kn0/HLw28ZDte1arR823.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

RAINFOREST CONNECTION. Rainforest Connection. Disponível em: <https://rfcx.org>. Acesso em: 27 abr. 2025.

REVISTA CENARIUM. UEA em Ação: Projeto PCD Yara monitora a qualidade da água do Rio Amazonas. Revista Cenarium, 18 jul. 2022. Disponível em: <https://revistacenarium.com.br/uea-em-acao-projeto-pcd-yara-monitora-a-qualidade-da-agua-do-rio-amazonas/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

PETER, Norvig; INTELLIGENCE, Russell Stuart Artificial. **A Modern Approach**. Pearson Education, USA, 2021.

SOUZA, Alcian Pereira de; SALES, Ricardo Augusto Campolina de; SIMAS; Danielle Costa de Souza; JUSTINIANO; Jeibson dos Santos. Tecnologia e proteção legal do meio ambiente amazônico: monitoramento e conservação da biodiversidade através de inovações tecnológicas. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 57, p. e1586-e1586, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/382673780_Tecnologia_e_protecao_legal_do_meio_ambiente_amazonico_monitoramento_e_conservacao_da_biodiversidade_atraves_de_inovacoes_tecnologicas. Acesso em: 18 abr. 2025.

SOUZA, Alcian Pereira de; SIMAS; Danielle Costa de Souza; LIMA, Jonathas Simas de; SALES, Ricardo Augusto Campolina de; NORTE, Naira Neila Batista de Oliveira; NORTE FILHO, Antônio Ferreira do; SOUZA JUNIOR, Albefredo Melo de; JUSTINIANO, Jeibson dos Santos; LIMA, Neuton Alves de; MARINHO, Maria do Perpétuo Socorro Marques; MEDINA, Marcia Cristina Nery da Fonseca Rocha; BARBOSA, Luis Fabian Pereira; FERNANDES, Tais Batista; SANTOS, Cassio André Borges dos; CHOY, Marco Aurélio de Lima. O direito na era digital: tecnologias da informação e comunicação como ferramentas para mitigação e adaptação às mudanças climáticas. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 18, n. 2, p. e15519–e15519, 2025. DOI: 10.55905/revconv.18n.2-217. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/15519>. Acesso em: 19 abr. 2025.

SUFRAMA. Suframa conhece Curupira e Yara, projetos tecnológicos do HUB da UEA. Portal Gov.br, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/noticias/suframa-conhece-curupira-e-yara-projetos-tecnologicos-do-hub-da-uea>. Acesso em: 25 abr. 2025.

TEIXEIRA, Thiago Almeida; VILAÇA, Neilson Luniere; PRINTES, André Luiz; GOMES, Raimundo Cláudio Souza; TORNE, Israel Gondres; ARAÚJO, Thierry-Yves Alves; DIAS, Arley Gabriel Dias e. Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento contra Desmatamento Ilegal na Floresta Amazônica Utilizando Algoritmos de Inteligência Artificial. **Eng. Processo**. vol. 58, ed. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ecsa-10-16188>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4591/58/1/21>. Acesso em: 19 mar. 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Artificial Intelligence and the Environment: Case Studies on the Impact of AI for a Sustainable Future**. Nairobi: UNEP, 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Harnessing Artificial Intelligence for the Earth**. Cologny/Geneva: World Economic Forum, 2020.