



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

GT (Direito - Internet, Tecnologia e Sociedade no Contexto da Defesa dos Direitos Humanos)

O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PREVENÇÃO E COMBATE ÀS QUEIMADAS E NA CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Fernanda Guedes Queiroz de Lira¹

Elias Jacob de Menezes Neto²

RESUMO

O planeta está aquecendo, as geleiras estão derretendo, as florestas nubladas estão secando, a poluição plástica está sufocando os oceanos, a biodiversidade está diminuindo rapidamente e as condições climáticas extremas estão se tornando mais frequentes. Diante disso, surge a necessidade da implementação de novas tecnologias para solucionar tais problemas. Este trabalho investiga o papel da inteligência artificial no monitoramento, prevenção e combate às queimadas e à degradação do meio ambiente, destacando suas potencialidades e limitações. O estudo identificou as principais tecnologias de inteligência artificial utilizadas no monitoramento ambiental, avaliou a eficácia dos algoritmos na detecção precoce de incêndios florestais e na previsão de áreas de risco, analisou casos de sucesso e desafios na aplicação da inteligência artificial para a preservação ambiental, propôs recomendações para a integração da inteligência artificial em políticas públicas e práticas de conservação ambiental, e explorou o impacto da inteligência artificial na redução dos danos causados pelas queimadas e na recuperação de áreas degradadas. Além disso, plataformas digitais, embora responsáveis por um crescente volume de emissões e consumo de recursos naturais, possibilitando a colaboração em projetos de sustentabilidade. Ainda, a utilização de sistemas de inteligência artificial, contribuem para otimizar estudos e monitoramentos feitos por instituições ligadas ao meio ambiente, além de se dedicarem a previsões e simulações de alterações socioambientais no curto, médio e longo prazos. Os resultados indicaram que a inteligência artificial é eficaz na identificação de áreas prioritárias para fiscalização, detecção de novos focos de desmatamento e oferta de dados precisos em tempo real. Conclui-se que a integração da inteligência artificial nos sistemas de monitoramento ambiental é essencial para a sustentabilidade e preservação dos ecossistemas, destacando a necessidade de políticas públicas que incentivem o uso dessas tecnologias.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Monitoramento Ambiental; Queimadas.

1 INTRODUÇÃO

O cenário atual é marcado por significativos problemas ambientais, de saúde e econômicos, resultantes de mudanças antropogênicas no ambiente biofísico, perda de biodiversidade, esgotamento de recursos naturais e mudanças climáticas. O planeta está

¹Mestranda em Direito pela UFRN. fernanda.lira.118@ufrn.edu.br. Lattes <http://lattes.cnpq.br/2389175092181567>.

² Professor de aprendizado de máquina do Instituto Metrópole Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. elias.jacob@ufrn.br. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9152955193794784>.



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

aquecendo, as geleiras estão derretendo, as florestas nubladas estão secando, a poluição plástica está sufocando os oceanos, a biodiversidade está diminuindo rapidamente e as condições climáticas extremas estão se tornando mais frequentes. Os recentes incêndios catastróficos na Austrália, que devastaram mais de 5 milhões de hectares de terra e mataram aproximadamente 500 milhões de animais, exemplificam as crises ambientais cada vez mais frequentes. Diante disso, há uma necessidade urgente de criar soluções para esses desafiadores problemas socioambientais (Taghikhah *et al.*, 2022).

Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) surge como uma tecnologia promissora. As máquinas com inteligência artificial podem "aprender com a experiência, ajustar-se a novos *inputs* e realizar tarefas semelhantes às humanas". Elas são capazes de revelar *insights* e padrões em dados não estruturados, como vídeos, imagens e conteúdo de mídia social, combinando recursos computacionais para resolver problemas complexos. Isso permite o reconhecimento de padrões em larga escala, livre do viés emocional humano, ajudando os tomadores de decisão a elaborar soluções e políticas científicas para a sustentabilidade ambiental (Lima, 2023).

A inteligência artificial pode desempenhar um papel vital no desenvolvimento de governança digital operativa, na gestão de recursos naturais e na formulação de soluções inovadoras e baseadas na ciência. Na resolução da crise climática, tanto a adaptação quanto a mitigação são essenciais. A mitigação envolve ações preventivas para evitar a degradação ambiental, enquanto a adaptação implica tornar-se mais responsivo e resiliente aos impactos inevitáveis. As ferramentas de adaptação baseadas em inteligência artificial ajudam a projetar intervenções eficazes de mudança de comportamento e a melhorar a gestão de desastres e a resiliência dos sistemas socioecológicos. Ainda, tais ferramentas são baseadas em inteligência artificial têm o potencial de encontrar soluções ótimas para reduzir os impactos ambientais das indústrias, cidades, transporte, energia e agricultura (Maia *et al.*, 2020).

Assim, este trabalho visa responder à pergunta de pesquisa: “Como a inteligência artificial pode ser utilizada de forma eficaz para prevenir e combater queimadas e a degradação do meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas?” O objetivo geral é investigar e analisar o papel da inteligência artificial no monitoramento, prevenção e combate às queimadas e à degradação do meio ambiente, destacando suas potencialidades e limitações.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seção do referencial teórico apresenta as diretrizes conceituais e as concepções teóricas que fundamentam a pesquisa, auxiliando na interpretação e discussão dos resultados. Este capítulo situa o leitor no contexto das teorias e conceitos essenciais que sustentam a análise e as conclusões do estudo. A seção será dividida em subseções, detalhando os principais fundamentos e conceitos relacionados à inteligência artificial e ao direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Na primeira subseção, serão abordados os fundamentos e conceitos essenciais da inteligência artificial. A inteligência artificial refere-se à capacidade das máquinas de realizar tarefas que normalmente requerem inteligência humana, como aprendizado, reconhecimento de padrões, tomada de decisões e resolução de problemas. Este campo da ciência da computação evoluiu significativamente, passando de algoritmos simples para sistemas complexos capazes de processar e analisar grandes volumes de dados com rapidez e precisão. Serão discutidos conceitos fundamentais como aprendizado de máquina, redes neurais e algoritmos de detecção de padrões, que são cruciais para a aplicação da inteligência artificial no monitoramento ambiental e no combate às queimadas. Além disso, será explorada a utilização de sistemas de inteligência artificial em projetos de sustentabilidade, destacando como essas tecnologias contribuem para a elaboração e aperfeiçoamento de modelos estatísticos, monitoramentos ambientais e previsões de alterações socioambientais.

Na segunda subseção, será abordado o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, destacando sua relevância no contexto das políticas públicas e da preservação ambiental. O direito ao meio ambiente equilibrado é um direito humano fundamental, essencial para a qualidade de vida e a sustentabilidade do planeta. Serão exploradas as bases jurídicas que sustentam este direito, incluindo marcos legais e regulamentações nacionais e internacionais, bem como a importância da integração da inteligência artificial como ferramenta para garantir a eficácia das políticas de proteção ambiental. Esta abordagem permitirá uma compreensão mais ampla das responsabilidades e desafios na implementação de estratégias de monitoramento e conservação ambiental, promovendo um desenvolvimento sustentável.



Essas diretrizes no referencial teórico proporcionam um entendimento aprofundado dos conceitos e fundamentos que embasam a pesquisa, oferecendo suporte teórico para a análise e discussão dos resultados obtidos.

2.1 FUNDAMENTOS E CONCEITOS ESSENCIAIS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Nesta seção, exploramos o conceito de inteligência artificial e suas implicações. A inteligência artificial refere-se à capacidade das máquinas de realizar tarefas que normalmente exigem inteligência humana, como aprendizado, reconhecimento de padrões, tomada de decisões e resolução de problemas. Ao longo dos anos, a inteligência artificial evoluiu de algoritmos simples para sistemas complexos capazes de processar e analisar grandes volumes de dados com rapidez e precisão (Sichman, 2021).

A inteligência artificial é uma disciplina da ciência da computação focada em avaliar a capacidade das máquinas de realizar tarefas que normalmente exigiriam intervenção humana. A referência aqui não está nos robôs em si, mas nos softwares que implementam a inteligência artificial. Este campo abrange desde algoritmos que recomendam filmes até cenários prospectivos de superinteligência (Frölich; Engelmann, 2020).

Por conseguinte, as capacidades da inteligência artificial podem ser categorizadas em análise de dados (aprendizado de máquina e visão computacional), cognição e emoções humanas (processamento de linguagem natural e computação afetiva) e tomada de decisão (suporte à decisão e autoaprendizagem). Em alguns casos, combinações de múltiplos métodos são usadas para lidar com problemas complexos, uma vez que esses modelos de inteligência artificial já estão sendo aplicados em muitos campos (Sichman, 2021).

Desde o surgimento da inteligência artificial, a abordagem mais eficiente tem sido imitar o raciocínio humano. Inicialmente, as máquinas necessitavam de grandes quantidades de dados de entrada e orientações explícitas para gerar resultados. Este método mostrou-se insuficiente para tarefas complexas. A solução foi desenvolver sistemas que pudessem "pensar por si mesmos", conhecido como aprendizado de máquinas (Lima, 2023).

O aprendizado de máquina, um ramo dos algoritmos computacionais, visa emular a inteligência humana aprendendo com o ambiente. Essas técnicas são fundamentais na era do *big data* e têm sido aplicadas com sucesso em diversas áreas, desde reconhecimento de padrões e visão computacional até finanças e biologia computacional. No aprendizado de máquina, os



sistemas criam modelos e extraem padrões dos dados, permitindo que aprimorem suas habilidades de forma autônoma e adaptem-se a novas informações e circunstâncias sem reprogramação explícita (Surden, 2019).

Nesse sentido, o aprendizado de máquina permite que a inteligência artificial adquira novas habilidades sem a necessidade de conhecimentos adicionais fornecidos por operadores humanos. Quanto mais complexa a tarefa, maior o potencial de aprendizado da inteligência artificial, pois a máquina encontrará situações desconhecidas (Boeing; Rosa, 2020).

Portanto, novas tecnologias de inteligência artificial estão sendo incorporadas em áreas onde antes apenas o pensamento humano podia atuar, como na proteção ambiental. Embora as máquinas ainda não consigam replicar totalmente o pensamento humano ou compreender todas as sutilezas de cada situação, a adoção de inteligência artificial permite que profissionais e autoridades ajam de maneira mais rápida e precisa na detecção, prevenção e combate a incêndios florestais e outras áreas de proteção ambiental.

2.2 DIREITO FUNDAMENTAL AO MEIO AMBIENTE ECOLOGICAMENTE EQUILIBRADO

A Constituição de 1988 foi um marco fundamental para a institucionalização dos direitos humanos e ecológicos no Brasil. A previsão constitucional de direitos coletivos, cuja titularidade é difusa e indeterminada, representa uma tendência do constitucionalismo contemporâneo, ampliando a proteção à coletividade com a incorporação de novos valores emergentes à complexidade da vida social (Cunha, 2016).

Nessa perspectiva, o artigo 225 da Constituição destaca o meio ambiente como um bem de uso comum do povo, declarando-o um direito fundamental de todos os cidadãos, presentes e futuros, uma vez que este dispositivo legal impõe ao Poder Público e à coletividade a responsabilidade de preservá-lo e defendê-lo, evidenciando que a proteção ambiental é um dever compartilhado entre o Estado e a sociedade (Brasil, 1988).

Dessa forma, o conceito de meio ambiente vai além de sua classificação tradicional como um bem público, incluindo a participação ativa da coletividade na sua preservação. Essa abordagem reflete a compreensão de que a defesa do meio ambiente é uma responsabilidade coletiva, essencial para garantir a sustentabilidade e a qualidade de vida das gerações futuras. A proteção ambiental é um compromisso legal e ético, que exige a colaboração contínua entre o



Estado e a sociedade para preservar os recursos naturais e assegurar um ambiente saudável e equilibrado para todos (Costa Filho, 2014).

Sob essa perspectiva, a proteção ambiental como direito fundamental abrange a natureza em todos os seus elementos essenciais à vida humana, bem como o equilíbrio ecológico, buscando garantir a qualidade do meio ambiente em função da qualidade de vida (Silva, 2007).

A harmonização entre os interesses econômicos e ambientais, conforme destacado pela Constituição de 1988, é essencial para o desenvolvimento sustentável. A Análise Econômica do Direito (AED) introduz a eficiência como conceito fundamental, proporcionando uma visão econômica do Direito que conecta essas áreas. O Direito regula relações de consumo, estruturas societárias, mercados de capitais, concorrência empresarial e legislação antitruste, enquanto a Economia analisa o comportamento resultante da aplicação de leis específicas, considerando as circunstâncias que influenciam as escolhas de cumprimento ou violação contratual e as perspectivas de sucesso ou fracasso em litígios futuros (Oliveira Filho, 2012).

Nessa perspectiva, o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado é um pilar essencial para a promoção da qualidade de vida e do desenvolvimento sustentável. Diante disso, a inteligência artificial emerge como uma ferramenta poderosa na prevenção e combate às queimadas e à degradação ambiental. Ao proporcionar uma análise precisa e antecipada dos riscos ambientais, a inteligência artificial facilita a tomada de decisões estratégicas e a implementação de medidas de preservação mais eficazes. Nesse cenário, ao harmonizar os avanços tecnológicos com a necessidade de proteger o meio ambiente, reforça-se o compromisso constitucional de garantir um ambiente saudável e equilibrado, promovendo a sustentabilidade para as gerações presentes e futuras.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente estudo, realizamos uma revisão de literatura com o objetivo de investigar o papel da inteligência artificial (IA) no combate às queimadas e à degradação do meio ambiente. Dessa forma, buscamos compreender como a inteligência artificial pode ser utilizada de forma eficaz para prevenir e combater queimadas, contribuindo para a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas. O termo "literatura" aqui compreende diversos materiais, incluindo artigos científicos, livros, trabalhos publicados em eventos acadêmicos, artigos de



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

jornais, registros históricos, monografias, teses, dissertações e relatórios governamentais (Flor *et al.*, 2021).

A escolha pela revisão de literatura foi motivada pela necessidade de obter uma visão abrangente e atualizada sobre as tecnologias de inteligência artificial aplicadas ao monitoramento e combate às queimadas e à degradação ambiental. Adotamos uma abordagem que combina revisão bibliográfica com a análise de dados secundários obtidos de fontes relevantes para explorar de forma abrangente os impactos potenciais da inteligência artificial na prevenção de desastres ambientais e na recuperação de áreas degradadas. A pergunta de pesquisa que norteia este estudo é: como a inteligência artificial pode ser utilizada de forma eficaz para prevenir e combater queimadas e a degradação do meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade e a preservação dos ecossistemas?

O objetivo geral deste trabalho é investigar e analisar o papel da inteligência artificial no monitoramento, prevenção e combate às queimadas e à degradação do meio ambiente, destacando suas potencialidades e limitações. Para isso, definimos alguns objetivos específicos: identificar as principais tecnologias de inteligência artificial utilizadas no monitoramento ambiental e no combate às queimadas; avaliar a eficácia de algoritmos de inteligência artificial na detecção precoce de incêndios florestais e na previsão de áreas de risco; analisar casos de sucesso e desafios na aplicação da inteligência artificial para a preservação ambiental em diferentes regiões; propor recomendações para a integração da inteligência artificial em políticas públicas e práticas de conservação ambiental; e explorar o impacto da aplicação da inteligência artificial na redução dos danos causados pelas queimadas e na recuperação de áreas degradadas.

Dessa forma, desenvolvemos uma pesquisa de natureza teórica-empírica, combinando uma revisão de literatura com a análise de dados secundários. A pesquisa teórica envolveu a busca e análise de materiais acadêmicos e científicos sobre a aplicação de inteligência artificial no monitoramento ambiental e no combate às queimadas. A parte empírica incluiu a avaliação de dados secundários provenientes de estudos de caso e relatórios técnicos. Focamos em estudos e aplicações práticas de ferramentas de inteligência artificial no combate às queimadas e na mitigação da degradação ambiental. Para que fosse realizado tal estudo analisamos artigos científicos, livros, teses, dissertações, relatórios governamentais e documentos técnicos relevantes sobre o tema. Tais materiais foram selecionados a partir de bases de dados como



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

Scielo, Google Acadêmico, Banco de Teses da Capes, além de periódicos e relatórios de pesquisa.

Os procedimentos metodológicos envolveram duas etapas principais. Na primeira etapa, realizamos uma busca nas principais bases de dados mencionadas, com o objetivo de identificar trabalhos que discutem a aplicação da inteligência artificial no combate às queimadas e à degradação ambiental. Essa busca permitiu a análise dos conceitos de inteligência artificial e aprendizado de máquinas, suas principais técnicas, desafios, benefícios e impactos na prevenção e combate a desastres ambientais. Na segunda etapa, identificamos e analisamos estudos de caso e aplicações práticas da inteligência artificial em monitoramento ambiental e combate a queimadas. Avaliamos os impactos e benefícios na gestão ambiental, bem como os desafios e oportunidades identificados na implementação dessas tecnologias.

Ainda, a análise dos dados teve como objetivo avaliar como as técnicas de inteligência artificial podem ser utilizadas para otimizar a prevenção e o combate às queimadas e à degradação do meio ambiente. Ao realizar essa análise, foi possível avaliar e interpretar as informações coletadas, proporcionando uma compreensão mais abrangente e detalhada do cenário atual e das perspectivas futuras para a aplicação da inteligência artificial na gestão ambiental.

Posto isto, de acordo com as etapas metodológicas descritas, a análise dos dados teve como objetivo avaliar como as técnicas de inteligência artificial podem ser utilizadas para otimizar a prevenção e o combate às queimadas e à degradação do meio ambiente. Essa abordagem permitiu uma avaliação detalhada e uma interpretação das informações coletadas, proporcionando uma compreensão mais abrangente do cenário atual e das perspectivas futuras para a aplicação da inteligência artificial na gestão ambiental e na conservação dos ecossistemas.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No Brasil, desde 1988, o principal órgão de monitoramento de queimadas e agressões ao meio ambiente é o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este órgão é responsável pelo desenvolvimento de diversos planos de ação na área ambiental e pela elaboração de gráficos comparativos gerais. Segundo o Governo Federal, atualmente dois sistemas de monitoramento via satélite são utilizados. O Programa de Monitoramento da



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (Prodes) é utilizado desde 1988 para identificar visualmente os polígonos de desflorestamento por meio de imagens, que antes eram impressas em papel fotográfico e hoje são digitais e analisadas por computador. Com esses dados, é possível calcular as taxas anuais de desflorestamento, fazer projeções e produzir um banco de dados geográfico ao longo do tempo (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Outro sistema é o Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Deter), utilizado desde 2004, que mapeia mensalmente as áreas de corte raso e de desmatamento por degradação florestal. Este sistema realiza um levantamento ágil das áreas de alerta para ações rápidas de controle de desmatamento. Ele detecta desmatamentos com área maior que 25 hectares e apresenta os dados por filtros como município, estado, base operativa do Ibama e unidades de conservação, facilitando as operações de fiscalização (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Em resposta ao aumento da degradação florestal na Amazônia indicado pelos dados do Deter, foi desenvolvido o sistema de Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira (Degrad), destinado a mapear áreas em processo de desmatamento onde a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida. Apesar dos esforços, a questão ambiental ainda enfrenta desafios, em parte devido a falhas nos sistemas de detecção e mapeamento. Segundo um pesquisador do INPE, o mecanismo de monitoramento trabalha com a detecção de áreas de calor nas imagens de satélite, indicando a presença de queimadas. Atualmente, oito satélites são usados pelo instituto, sendo dois geoestacionários e seis orbitais (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Avanços na tecnologia de satélites prometem revolucionar o monitoramento ambiental. A Agência Espacial Europeia (ESA) anunciou em 2019 que a câmara hiperspectral de um dos CubeSats da missão FSSCat coletará um grande número de imagens da Terra, das quais muitas serão descartadas devido à cobertura por nuvens, utilizando um chip de inteligência artificial para filtrar apenas os dados utilizáveis (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Além disso, sistemas de inteligência artificial já detectaram diversos distúrbios ambientais. Em 2019, manchas de petróleo foram identificadas no oceano, e o estudo mapeou uma mancha de 200 quilômetros de extensão para ajudar na resolução do problema, que afetou mais de 250 praias no Nordeste do Brasil (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

O monitoramento de queimadas através de imagens de satélite é indispensável em um país como o Brasil, com dimensões continentais e muitas regiões remotas. Cerca de 250 imagens são processadas diariamente por dez satélites distintos. O programa consolida todas as informações em um relatório diário automático, com tabelas e gráficos que permitem o uso inteligente das informações para combater os incêndios, especialmente por brigadas de bombeiros e secretarias de meio ambiente (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

A integração da inteligência artificial nos sistemas de monitoramento ambiental pode se tornar essencial para o controle e detecção de novos distúrbios ambientais. As tecnologias de inteligência artificial em teste poderiam ser adaptadas para o monitoramento inteligente de florestas em épocas do ano mais afetadas por queimadas. Segundo um artigo publicado no jornal JOTA, o uso aprimorado da inteligência artificial pode levar a uma redução na emissão de gases de efeito estufa de até 4%, equivalente a 2,4 bilhões de toneladas de CO₂, o mesmo valor das emissões anuais da Austrália, Canadá e Japão juntos (Silva Neto; Pimentel; Tambor, 2020).

Uma outra iniciativa importante é o Fundo Vale, que, em parceria com a Microsoft e a ONG Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), desenvolveu uma ferramenta de inteligência artificial para antecipar informações de regiões com maior risco de desmatamento e incêndios na Amazônia. Esta ferramenta analisa dados diversos, como topografia, cobertura do solo, infraestrutura urbana e dados socioeconômicos, para identificar tendências de mudanças no uso do solo (Vale, 2021).

A Vale, que já protege 800 mil hectares de florestas na Amazônia, anunciou a meta de conservar e restaurar mais 500 mil hectares até 2030. Diante disso, a inteligência artificial da Microsoft será crucial para alcançar essa meta, ajudando na avaliação de áreas de restauração florestal e vulnerabilidade ao fogo, além de gerar dados para arranjos de REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação) e créditos de carbono. Carlos Souza Jr., do Imazon, destaca que a nova tecnologia aprimora o Sistema de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (SAD), melhorando a resolução e variáveis preditoras (Vale, 2021).

Além disso, recentemente, o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) e a Superintendência Estadual de Tecnologia da Informação e Comunicação (Setic) firmaram uma parceria para aprimorar os mecanismos de combate às queimadas na Amazônia utilizando inteligência artificial. Esta iniciativa inclui o desenvolvimento de um ChatBot que utiliza inteligência artificial para interagir com os usuários



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

e integrar dados da plataforma Painel do Fogo do Censipam. Esse sistema fornece informações em tempo real, auxiliando as autoridades a responderem de forma mais rápida e eficaz aos incêndios florestais, destacando a importância da tecnologia no monitoramento e combate às queimadas (CENSIPAM, 2024).

Nesse sentido, essa parceria é um passo significativo para a proteção ambiental, utilizando tecnologia avançada para enfrentar desafios ambientais urgentes. A colaboração visa desenvolver um modelo preditivo de desmatamento e queimadas, aprimorando os sistemas de monitoramento existentes e permitindo a previsão de desmatamentos futuros no curto prazo. Esse modelo ajudará a prevenir a ocorrência de desmatamentos e queimadas, contribuindo para a preservação da Amazônia (CENSIPAM, 2024).

Outra iniciativa significativa é o método inovador desenvolvido por pesquisadores brasileiros que utilizam imagens de satélite e inteligência artificial (IA), pois este método demonstra que a área prioritária para ações de combate ao desmatamento pode ser 27,8% menor do que os 11 municípios monitorados pelo Plano Amazônia 2021/2022, identificando novas fronteiras de desmatamento além desses limites (Mataveli *et al.*, 2021).

O estudo, publicado na revista *Conservation Letters*, indica que as regiões de "alta prioridade" para desmatamento abrangem 414.603 km², comparadas aos 574.724 km² dos municípios do plano, sugerindo uma área de monitoramento 160 mil km² menor. Os hotspots identificados responderam por 66% da taxa média anual de desmatamento, enquanto os municípios do plano representaram 37% dessa taxa entre 2019 e 2021. Assim, o método não só define focos mais precisos para fiscalização, mas também revela novas áreas de desmatamento fora do plano de monitoramento. Apoiado pela FAPESP, o estudo utiliza dados do Prodes e permite priorizar regiões com maior risco de desmatamento anualmente, sem depender de fronteiras geopolíticas. Por fim, o Conselho Nacional da Amazônia Legal (CNAL) afirmou que os municípios do plano foram escolhidos por suas grandes áreas desmatadas e incidência de queimadas, mas novas áreas podem ser incluídas conforme mapeamento pelo Censipam (Mataveli *et al.*, 2021).

Portanto, é evidente que o uso de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial e imagens de satélite, é crucial no monitoramento e combate ao desmatamento e queimadas na Amazônia. Essas ferramentas permitem identificar áreas prioritárias para fiscalização, detectar novos focos de desmatamento fora dos limites municipais e oferecer dados precisos em tempo



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

real para a tomada de decisões. Iniciativas como a parceria entre o Fundo Vale, a Microsoft e o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) exemplificam a aplicação prática dessas tecnologias, antecipando riscos e promovendo a conservação ambiental. Além disso, o desenvolvimento contínuo de métodos preditivos e a colaboração entre instituições reforçam a importância da inteligência artificial na preservação ambiental, contribuindo significativamente para a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Essas ações são essenciais para que o Brasil cumpra seus compromissos internacionais de preservação e mitigação das mudanças climáticas, destacando a relevância da inovação tecnológica na proteção de um dos biomas mais importantes do planeta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial (IA) e imagens de satélite, é crucial no monitoramento e combate ao desmatamento e queimadas na Amazônia. Ademais, estas tecnologias permitem identificar áreas prioritárias para fiscalização, detectar novos focos de desmatamento fora dos limites municipais e oferecer dados precisos e em tempo real para a tomada de decisões. Iniciativas como a parceria entre o Fundo Vale, a Microsoft e o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) exemplificam a aplicação prática dessas ferramentas, antecipando riscos e promovendo a conservação ambiental.

Nessa linha de raciocínio, esta pesquisa revelou que as tecnologias de IA, incluindo aprendizado de máquina e redes neurais, são eficazes na detecção precoce de incêndios e na previsão de áreas de risco. Além disso, a análise de casos de sucesso, como o Sistema de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (SAD), o qual demonstra a eficácia dessas tecnologias na preservação ambiental, apesar dos desafios como a necessidade de infraestrutura adequada e a integração de dados de diversas fontes.

Diante disso, recomenda-se a adoção de políticas públicas que incentivem a integração da inteligência artificial nos sistemas de monitoramento ambiental, com investimentos em tecnologia e capacitação de profissionais, além de colaboração entre instituições de pesquisa, setor privado e órgãos governamentais, pois a aplicação da inteligência artificial se mostrou eficaz na redução dos danos causados por queimadas e na recuperação de áreas degradadas, contribuindo significativamente para a sustentabilidade e a redução das emissões de gases de efeito estufa.



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

Portanto, essas ações são essenciais para que o Brasil cumpra seus compromissos internacionais de preservação e mitigação das mudanças climáticas, destacando a relevância da inovação tecnológica na proteção de um dos biomas mais importantes do planeta. O desenvolvimento contínuo de métodos preditivos e a colaboração entre diferentes instituições reforçam a importância de integrar IA nos esforços de preservação ambiental. Assim, a inteligência artificial se consolida como uma ferramenta poderosa e indispensável no combate às queimadas e à degradação ambiental, oferecendo soluções inovadoras para um dos maiores desafios ambientais do nosso tempo.

REFERÊNCIAS:

ALENCAR, A. et al. A expansão da fronteira agropecuária e o desmatamento na Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, p. 113-126, 2018.

BOEING, Daniel Henrique Arruda; ROSA, Alexandre Morais da. **Ensinando um robô a julgar**: pragmática, discricionariedade, heurísticas e vieses no uso de aprendizado de máquina no judiciário. 1. ed. Florianópolis: Emais Academia, 2020.

BRASIL. **Constituição federal de 1988**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm. Acesso em 01 jul. 2024.

CENSIPAM; SETIC. **Censipam e Setic articulam parceria com foco no combate a queimadas com auxílio de inteligência artificial**. Disponível em:

<https://www.gov.br/censipam/pt-br/noticias/censipam-e-setic-articulam-parceria-com-foco-no-combate-a-queimadas-com-auxilio-de-inteligencia-artificial>. Acesso em: 2 jul. 2024. Publicado em: 28 jun. 2024.

COSTA FILHO, André Maximino da. **Direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado no estado do direito ambiental brasileiro** [manuscrito]. 2014. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Humanidades, 2014. Orientação: Profa. Esp. Jucianara Maria Cunha dos Santos.

CUNHA, Estela Pamplona. **O direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado na ordem constitucional brasileira**. Orientação: Prof.^a Dr.^a Eldis Camargo Santos. 2016. Repositório do IDP. Disponível em: https://repositorio.idp.edu.br/bitstream/123456789/1996/1/Artigo_Estela%20Pamplona%20Cunha.pdf. Acesso em: 2 jul. 2024.



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

FLOR, Tainá de Oliveira; GONÇALVES, Antônio José da Silva; JÚNIOR, Airton José Vinholi; TRAJANO, Valéria da Silva. Revisões de literatura como métodos de pesquisa: aproximações e divergências. **Anais do VI CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76913>. Acesso em: 21 jul. 2023.

FRÖLICH, Afonso Vinício Kirschner; ENGELMANN, Wilson. **Inteligência Artificial e Decisão Judicial**: diálogo entre benefícios e riscos. Curitiba: Appris, 2020.

LIMA, Marília Gabriela Silva. **Aspectos éticos e regulatórios para a implantação de soluções baseadas em inteligência artificial no poder judiciário brasileiro**. Orientador: Elias Jacob de Menezes Neto. 2023. 131f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

MAIA, A. A. et al. Assessing the ability of machine learning algorithms to map smallholder agriculture in the Brazilian Amazon using high spatial resolution satellite imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 94, p. 102213, 2020.

MATAVELI, Guilherme Augusto Verola *et al.* Um método desenvolvido por pesquisadores brasileiros com base em imagens de satélite e inteligência artificial. **Conservation Letters**, 2021. Disponível em: <https://www.fapesp.br/13777>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SICHMAN, Jaime Simão. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. **Revista Brasileira de Computação**, v. 31, n. 1, p. 23-34, 2021. DOI: 10.1590/s0103-4014.2021.35101.004.

SILVA, José Afonso da. **Direito Ambiental Constitucional**. 6 ed. São Paulo. Malheiros, 2007.

SILVA NETO, Amaro João da; PIMENTEL, Mariana Dias; TAMBOR, José Humberto Machado. **A inteligência artificial no combate às queimadas e a degradação do meio ambiente**. Centro Universitário ENIAC, 2020. Disponível em: <https://gru.guarulhos.sp.gov.br/index.php/SDC20/IXSEMCITEC/paper/viewFile/27/20>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SURDEN, Harry. Artificial Intelligence and Law: An Overview. **Georgia State University Law Review**, v. 35, n. 4, p. 1-8, 1 jun. 2019.

TAGHIKHAH, Firouzeh; ERFANI, Eila; BAKHSHAYESHI, Ivan; TAYARI, Sara; KARATOPOUZIS, Alexandros; HANNA, Bavly. Artificial intelligence and sustainability: solutions to social and environmental challenges. *In: Artificial Intelligence and Data Science in Environmental Sensing: Cognitive Data Science in Sustainable Computing*. Academic Press, 2022. p. 93-108. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0938767X22000054>. Acesso em: 26 de junho de 2024.



26º Seminário de Pesquisa do CCSA

Crise Climática, Desenvolvimento e Democracia

23 a 27 de setembro de 2024

VALE. Inteligência Artificial na proteção da Amazônia. **Vale**, 2021. Disponível em: <https://vale.com/pt/w/intelig%C3%A2ncia-artificial-na-prote%C3%A7%C3%A3o-da-amaz%C3%B4nia>. Acesso em: 2 jul. 2024.