

XXXII CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI SÃO PAULO - SP

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

NIVALDO DOS SANTOS

LAURA MAGALHÃES DE ANDRADE

SOLANGE TELES DA SILVA

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 Naspolini - 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 II[Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Nivaldo Dos Santos, Laura Magalhães de Andrade, Solange Teles da Silva – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-327-5

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

Tema: Os Caminhos Da Internacionalização E O Futuro Do Direito

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Sustentabilidade. XXXII Congresso Nacional do CONPEDI São Paulo - SP (4: 2025: Florianópolis, Brasil).

CDU: 34

XXXII CONGRESSO NACIONAL DO CONPEDI SÃO PAULO - SP

DIREITO E SUSTENTABILIDADE II

Apresentação

A apresentação do Conpedi no GRUPO DE TRABALHO DIREITO E SUSTENTABILIDADE II evidenciou uma tendência de temáticas contemporâneas como a Sustentabilidade das Cidades e excludente, Regulação da Logística reversa, Responsabilidade socioambiental das empresas agroindustriais, Transição energética brasileira, Responsabilidade extraterritorial, Meio ambiente, saúde, moradia e mineração, Consumo sustentável, Economia Circular, Justiça energética, Mediação ambiental, Mudanças climáticas, Inteligência artificial verde, Ética e desenvolvimento, Compras públicas sustentáveis, Governança climática, Objetivos do milênio e Sociedade digital.

Essas abordagens demonstram uma atualidade dos conteúdos indicados ao CONPEDI para a avaliação e suas aprovações de textos de profundidade científica, teórica, acadêmica, técnica e tecnológica. Recomendamos a todos a leitura dos trabalhos comunicados como importantes aos Programas de pós-graduação em Direito e de outras áreas

Nivaldo dos Santos

Universidade Federal de Goiás

Laura Magalhães de Andrade

Universidade Federal Fluminense

Solange Teles da Silva

Universidade Presbiteriana Mackenzie

OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS DATA CENTERS E SEUS REFLEXOS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DATA CENTERS AND THEIR IMPACT ON CLIMATE CHANGE

Valmir César Pozzetti ¹
Brainer Rian de Souza Arevalo ²
Gerson Luiz Martins Dos Santos ³

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi o de analisar os impactos ambientais decorrentes da operação de data centers e analisar a necessidade da aplicação dos princípios ambientais (como Prevenção, Poluidor-Pagador e Sustentabilidade) para nortear a regulação e fiscalização desses empreendimentos no Brasil, a fim de proteger o meio ambiente. A Metodologia utilizada foi a do método dedutivo; quanto aos meios, a pesquisa utilizou-se de estudos bibliográfico (doutrina, legislação e jurisprudência) e documentos dispostos na rede mundial de computadores; quanto à finalidade da pesquisa, buscou-se realizar uma pesquisa qualitativa. A conclusão a que se chegou foi a de que os data centers necessitam uma alta demanda de energia e de uma grande quantidade de água potável para funcionar; entretanto, como não há legislação específica, vigente, para obrigar a mitigação desses impactos ambientais, o que gera uma demanda enorme de recursos ambientais não renováveis; logo, torna-se urgente a implementação de políticas públicas e a criação de legislação específica evitar, ainda mais, o agravamento das mudanças climáticas no planeta terra.

Palavras-chave: Data center, Crise climática, Impactos ambientais negativos, Inteligência artificial, Princípios ambientais

Abstract/Resumen/Résumé

The objective of this research was to analyze the environmental impacts resulting from data center operations and the need to apply environmental principles (such as Prevention, Polluter Pays, and Sustainability) to guide the regulation and oversight of these enterprises in Brazil, aiming to protect the environment. The methodology used was the deductive method; as for the means, the research utilized bibliographic studies (doctrine, legislation, and case law) and documents available on the World Wide Web; as for the research purpose, the

¹ Pós doutor em Direito pela Universidade de Salerno/ITALIA e pelo Centro universitário Dom Helder Câmara; Doutor em Biossegurança Alimentar/FRANÇA. Professor da UFAM e da UEA

² Mestrando em Direito Ambiental pela UEA – Universidade do Estado do Amazonas

³ Mestrando em Direito Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental (PPGDA) da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

research sought to conduct qualitative research. The conclusion reached was that data centers require a high demand for energy and a large amount of fresh water to operate. However, as there is no specific legislation in force mandating the mitigation of these environmental impacts, which generates an enormous demand for non-renewable environmental resources, the implementation of public policies and the creation of specific legislation to further prevent the worsening of climate change on planet Earth is therefore urgent.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Data center, Climate crisis, Negative environmental impacts, Artificial intelligence, Environmental principles

INTRODUÇÃO

A Tecnologia de Informação - TI - é um ramo da ciência que tem se desenvolvido com grande velocidade nos dias atuais. Neste sentido, o mercado de TI, se tornou essencial para a sociedade contemporânea globalizada, proporcionando mais eficiência no mercado/indústria, informações, entretenimento, e diversas outras possibilidades derivadas dessa ciência possibilitam um bem-estar da sociedade.

Mas que custo o mundo digital cobra? Em meio a uma crise climática é essencial refletir sobre o custo ambiental que o mundo digital demanda do mundo real. O Brasil é o polo dos data centers na América Latina, e almeja aumentar seu mercado que muito cresceu com o desenvolvimento da IA (que tem toda seu desenvolvimento e operação em *data centers*), e não há nenhuma regulação vigente específica.

O *data center* é uma tecnologia responsável por acumular e processar dados, sendo o corpo físico do mundo digital, o que acarreta em elevado consumo de energia elétrica e a dependência de grandes volumes de água para refrigeração têm levado à sobrecarga de recursos hídricos e o aumento de emissões de gases de efeito estufa, paralelamente, a extração de minérios para a fabricação de equipamentos de alta performance e o lixo eletrônico causado pela obsolescência estratégica do mercado de TI, sinalizam riscos de contaminação de solos e rios, especialmente em áreas vulneráveis, como a Amazônia em um contexto de crise climática.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é descrever os impactos ambientais dos *data centers*, revisar os mecanismos jurídicos e quais respostas possíveis para conter os danos ao meio ambiente. É necessário por meio de um estudo interdisciplinar conhecer essas estruturas e sua operação para encontrar formas de mitigar os danos ao meio ambiente, enfatizando instrumentos jurídicos ambientais necessários para legislar sobre o tema.

A problemática que envolve esta pesquisa é: quais instrumentos jurídicos podem gerar a mitigação dos impactos ambientais causados por data centers no Brasil?

A pesquisa se justifica tendo em vista o célere avanço tecnológico, que tem como base de seu pleno funcionamento de suas redes digitais os *data centers*, que causam alta emissão de CO₂ na atmosfera, utilizam milhões de litros de água por dia, fomentam exploração de metal para suas estruturas que rapidamente se deterioram, o notório impacto ambiental é acompanhado da omissão legislativa em relação as consequências da operação no meio ambiente. A metodologia que será utilizada nesta pesquisa é a do método dedutivo, quanto aos meios a pesquisa será bibliográfica, com uso da legislação, doutrina e documentos disponíveis na internet, quanto aos fins, a pesquisa será qualitativa.

1. CONCEITO, FUNCIONAMENTO E IMPACTOS AMBIENTAIS DOS *DATA CENTERS*

O *data center* é o corpo (parte física), do meio ambiente digital, responsável por todo armazenamento e processamento dos dados no mundo digital. Assim como o corpo humano demanda energia para desempenhar qualquer atividade, com consumo proporcional à complexidade da tarefa (o que se traduz na queima calórica), também o “corpo digital” requer energia elétrica para operar suas funções, consumindo mais quanto maior for a exigência computacional. Trata-se, portanto, de uma espécie de metabolismo digital, análogo ao metabolismo biológico. Cardoso (2017, p. 10) conceitua os *data centers* da seguinte forma:

Os data centers, juntamente com servidores, sistemas de rede e armazenamento, são uma parte crucial desta infraestrutura digital crítica. Eles são a manifestação física da economia digital e da infraestrutura de informação virtual e digital; se os dados foram processados, armazenados e transmitidos. Um data center é um lugar muito peculiar e especial. É o lugar em que mundos diferentes se encontram. [...] É o lugar onde os mundos de negócios, TI e energia se unem. A energia elétrica é a base de todo o processamento de informações e serviços digitais que são principalmente fornecidos a partir de data centers.

Os *data centers* constituem a materialização física da economia digital e da infraestrutura de informação global, funcionando como pontos de fundamentais para a existência (os intermediadores) dos mundos da tecnologia, dos negócios e da energia. Nesses espaços peculiares e especiais, demandas organizacionais e individuais por informação são convertidas em linguagem digital e processadas por meio de fluxos contínuos de energia elétrica, o insumo vital dessas operações.

1.1 Funcionamento dos *Data Centers*

Cada operação computacional depende de consumo energético direto, tornando os *data centers* não apenas centros de dados, mas também de alta densidade energética, com implicações ambientais significativas. Nesse sentido Zucchi e Amâncio (2013, p. 50) alertam que:

A energia para o IDC (internet data center) é o elemento sensível, uma vez que é fundamental não só para a alimentação dos servidores e equipamentos de rede como também para o ar-condicionado, que é considerado o vilão do consumo de energia elétrica. [...] O custo da energia é cada vez mais uma componente importante nos custos operacionais na construção de um IDC. Nesse sentido, todos os esforços possíveis devem ser feitos para conter gastos desnecessários.

A energia elétrica configura-se como o insumo mais importante para o *data center*, pois não atende apenas à carga computacional de servidores e redes, mas também sustenta os

sistemas de climatização. Com o custo energético em crescente conforme aumentam os custos operacionais de um *data center* é necessário que o direito e a sociedade voltem seu olhar para os impactos ambientais dos *data centers*, considerando que “o consumo de energia equivale ao de um município de 150 mil habitantes” (G1, 2023).

A sociedade atualmente é movida pela tecnologia da informação, que trouxe o bônus de potencializar as habilidades humanas e proporcionar o bem-estar para a comunidade, mas o ônus de tal avanço tecnológico é inerente a emissão de gases de efeito estufa e a exploração do planeta, pois constantemente é necessária a atualização do *hardware* nos *data centers*, a fim de acompanhar o avanço tecnológico e evitar a obsolescência. Para mensurar a quantidade de CO₂ emitidos pelo uso dos *data centers*, Lemos (2021, p.197) expõe:

O uso dos dados na internet exige também grande consumo de combustíveis fósseis nos data centers e na infraestrutura urbana, apesar dos esforços atuais de algumas empresas para neutralizarem a pegada de carbono. O consumo é crescente, produzindo desperdício com a rápida obsolescência programada na necessidade de upgrade constante dos equipamentos. Alguns exemplos são: (i) para movimentar a moeda virtual Bitcoin, são necessários 2 milhões de toneladas de emissões de CO₂ por ano, o que equivale a toda a pegada de carbono da Jordânia; (ii) a energia consumida pelos data-centers do Facebook, só para uso dos brasileiros, equivale ao consumo de energia de mais de 15 mil residências no país pelo mesmo período.

Com a difusão das redes sociais na vida social atual, é inevitável o aumento consumo de combustíveis fósseis em *data centers*, agravado pela obsolescência programada dos equipamentos (hardwares).

2. A NATUREZA JURÍDICA E OS PRINCÍPIOS AMBIENTAIS QUE REGEM OS *DATA CENTERS*

O Direito Ambiental brasileiro é formado por um conjunto de princípios e regras com o objetivo evitar e amenizar os impactos na natureza, ainda com uma perspectiva antropocêntrica jurídica, que teve seu marco inicial na Conferência e Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano em 1972, incentivando o aperfeiçoamento e a criação das legislações ambientais nacionais.

A Constituição consagrou a proteção do meio ambiente, no artigo 225, CF/88, como direito fundamental e dever do Estado e da sociedade de preservar e proteger. A partir da Constituição o Direito ambiental vem se desenvolvendo, baseando-se no resultado da sua relação com outras ciências. Em relação a interdisciplinaridade Nogueira Junior (2023, p.100) ensina que:

A interdisciplinaridade envolve a integração de diferentes disciplinas para abordar um problema ou questão específica, buscando uma abordagem mais completa e integrada

do tema em questão. Nesse caso, as disciplinas envolvidas mantêm sua autonomia e identidade, mas trabalham juntas em busca de uma solução ou compreensão mais completa do problema. O direito como ciência se relaciona com a interdisciplinaridade de diversas maneiras, uma vez que a compreensão dos problemas jurídicos muitas vezes exige a integração de conhecimentos de diferentes áreas do saber.

A característica interdisciplinar do Direito Ambiental, exige diálogo permanente com as ciências biológicas, sociais, culturais e com as tecnologias da informação, é essencial para promover o desenvolvimento sustentável e a proteção do meio ambiente e a qualidade de vida das gerações presentes e futuras (Direitos intra/intergeracionais).

Tendo em vista que as PLs que abordam o tema priorizam a segurança de dados acumulados, com exceção da PL 3018/24, que apesar de se limitar a data center que opera IA, abordam a questão ambiental, sendo possível observar conceitos jurídicos ambientais expostos a seguir. O Direito Ambiental constitui um sistema jurídico formado por um conjunto de normas (princípios e regras) esparsas pelo ordenamento jurídico brasileiro e não em um único código. Logo para entender como os *data centers* interagem com Direito, é necessário explorar as normas que os regem.

2.1 Princípio da Prevenção

As dimensões dos impactos ambientais causadas pelos *data centers* e para elucidar o Princípio da prevenção, será isolado a problemática de emissão de CO₂ e alto consumo de água potável ambos para a refrigeração. Segundo Pozzetti, Pozzetti e Pozzetti (2020, p.179), “o Princípio da Prevenção é aquele que determina que os danos futuros que a obra causará, são conhecidos, mas que há a possibilidade de mitigá-los e, dessa forma, prevenindo o dano, eu me antecipo”.

Considerando o regime climático tropical da Amazônia (marcado por altas temperaturas médias e episódios recorrentes de escassez hídrica, intensificados pela crise climática global) torna-se inviável a implantação de um *data center* nessa região, seja do ponto de vista da sustentabilidade dos recursos hídricos, haja vista a alta demanda de água potável utilizado por um *data center*.

A Amazônia tem um grande potencial hídrico, porém passa por problemas ambientais (recentemente com 2 grandes secas seguidas, acontecimento sem precedentes) e de má gestão das suas principais cidades com saneamento, o que dificulta o acesso a água potável para a população local. Nesse sentido Pozzetti e Nascimento (2017, p. 239) esclarece que:

[...] Todavia, apesar deste enorme potencial hídrico, ainda assim, a Amazônia apresenta problemas ambientais e de saneamento nas suas principais cidades, que

carecem de investimentos em infraestrutura, no intuito de garantir acesso à água potável e de qualidade, às suas populações.

Logo, haja vista o Princípio da Prevenção e levando em conta a grande necessidade de água (e por isso deve ser estudo a região que se instalará o *data center*, para que não haja um desequilíbrio no ecossistema local) e de energia elétrica para refrigerar os *data centers*, é necessário entender o contexto de sua instalação. As altas temperaturas recorrentes levarão os computadores esquentarem mais e consequentemente exigirá muito mais do sistema de refrigeração. Considerando que o sistema de refrigeração equivalente a 37% do consumo da operação do *data center*, conforme Liu et al. (2023. p) “air conditioning and cooling systems (37%, air-cooling system about 25%, air supply and return system about 12%)”¹.

Revela-se inviável a implantação nas condições supracitadas, uma vez que o acréscimo de temperatura eleva a demanda pelo sistema de refrigeração, que por sua vez, aumenta proporcionalmente as emissões de CO₂. Essas situações devem ser evitadas em estrita observância ao Princípio da Prevenção, que impõe a adoção de medidas antecipadas para resguardar o meio ambiente e minimizar riscos ambientais.

2.2 Democracia Ambiental

O conceito de Democracia Ambiental desenvolvido na Convenção de Aarhus e regionalizado (para o Caribe e Latinoamérica) no Acordo de Escazú, que deve permear nas futuras legislações que abordam os temas com grande impacto no meio ambiente social e ambiental principalmente, que apesar de firmada pelo Brasil ainda não foi ratificada. Contudo, Loureiro (2021, p. 251) demonstra que esse conceito se alicerça na égide de três direitos humanos processuais que funcionam de forma articulada para consolidar a democracia ambiental:

La democracia ambiental se alcanza a través de una tríada de derechos humanos procesales que contribuyen a la protección del medio ambiente: el derecho a la información, a la participación en la toma de decisiones y al acceso a la justicia en materia ambiental.

O direito à informação garante transparência sobre políticas públicas e impactos ambientais, possibilitando à sociedade fundamentar suas intervenções. A participação assegura que comunidades e grupos afetados possam influenciar decisões que afetam diretamente seu entorno, reforçando a legitimidade das ações governamentais. Já o acesso à justiça viabiliza a

¹ Tradução livre do autor: “sistemas de ar-condicionado e resfriamento (37%, sistema de resfriamento de ar cerca de 25%, sistema de fornecimento e retorno de ar cerca de 12%)”

responsabilização de agentes públicos e privados em caso de descumprimento de normas ambientais, oferecendo um mecanismo de correção e reparação.

Conceitos afirmados na Opinião Consultiva nº 23 da Corte Interamericana de Direitos Humanos, que ao elevar o meio ambiente saudável como direito humano enfatiza a proteção da Democracia Ambiental como obrigação do Estado, *in verbis*:

8. Con el propósito de garantizar los derechos a la vida e integridad de las personas bajo su jurisdicción, en relación con la protección del medio ambiente, los Estados tienen la obligación de garantizar el derecho al acceso a la información relacionada con posibles afectaciones al medio ambiente; el derecho a la participación pública de las personas bajo su jurisdicción en la toma de decisiones y políticas que pueden afectar el medio ambiente, así como el derecho de acceso a la justicia en relación con las obligaciones ambientales estatales enunciadas en esta Opinión, de conformidad con los párrafos 211 a 241 de esta Opinión².

Sem essa ação do Estado, as medidas de proteção ambiental se tornam meramente formais, sem efetividade prática na promoção e defesa do meio ambiente. Portanto futuras legislações devem reger o planejamento sustentável e ações implementadas pelas empresas e garantir disponibilidade da consulta pública das operações de *data center*.

2.3 Princípio da Sustentabilidade (Desenvolvimento Sustentável)

O desenvolvimento sustentável é um instrumento jurídico que assegura condições de um desenvolvimento econômico, social e ambiental. Logo, as inovações tecnológicas que facilitam a vida do ser humano e promovem o bem-estar, devem desenvolver-se em plena sincronia e respeito ao meio ambiente, cuja integridade é condição imprescindível para a dignidade da pessoa humana.

A operação de *data centers* implica consumo elevado de energia elétrica e de água para refrigeração (sem esquecer dos impactos para construir os computadores e os resíduos gerados pela sua rápida desatualização), resultando em aumento das emissões de gases de efeito estufa e pressão sobre os recursos hídricos. Nessa linha Luna e Nogueira Junior (2024, p. 71).

Assim, resta evidente que todos os comandos normativos de tutela ambiental convergem para a consideração de que a sustentabilidade constitui um dos vetores hermenêuticos da ordem jurídica pátria, pois visa resguardar a dignidade humana, uma vez que a qualidade de vida depende das condições de higidez e proteção do Meio Ambiente.

² Tradução livre do autor: Com o objetivo de garantir os direitos à vida e à integridade das pessoas sob sua jurisdição, em relação à proteção do meio ambiente, os Estados têm a obrigação de garantir o direito de acesso à informação relacionada a possíveis impactos ao meio ambiente; o direito à participação pública das pessoas sob sua jurisdição na tomada de decisões e políticas que possam afetar o meio ambiente, bem como o direito de acesso à justiça em relação às obrigações ambientais estatais enunciadas nesta Opinião, de acordo com os parágrafos 211 a 241 desta Opinião.

Os impactos dos *data centers* demonstram que a viabilidade e a expansão desses empreendimentos não podem se pautar apenas em critérios técnicos ou econômicos, mas que devem observar o desenvolvimento sustentável previsto no art. 225 da CF, de modo a assegurar que o avanço da tecnologia da informação e da comunicação se desenvolva em plena harmonia com a preservação ambiental e a dignidade da pessoa humana.

2.4 Princípio do Poluidor-Pagador

O princípio do poluidor-pagador não confere autorização para a poluição, mas configura-se como ferramenta preventiva destinada a desestimular toda atividade lesiva ao meio ambiente. Na hipótese de ocorrência do dano, impõe-se ao agente responsável a obrigação de reparar integralmente os prejuízos provocados à coletividade. Nessa perspectiva, Sarlet e Fensterseifer (2025, p.316), afirmam que:

O princípio do poluidor-pagador, por essa ótica, tem por escopo tanto uma dimensão preventiva, a fim de internalizar previamente as externalidades, quanto uma “dimensão reparatória” (e redistributiva), notadamente na hipótese de a atividade não haver internalizado satisfatoriamente os custos sociais e ambientais, o que se verifica, por exemplo, na hipótese de ocorrência de um desastre ambiental.

A dualidade do princípio do poluidor-pagador com sua função preventiva, que obriga a internalização prévia dos custos socioambientais (como energia, emissões e resíduos de *data centers*), e reparatória/redistributiva, acionada quando a prevenção falha. A dimensão preventiva exige os agentes econômicos incorporem, desde a concepção de seus projetos, os riscos e impactos previsíveis, transformando externalidades negativas em custos operacionais diretos, desenvolvendo uma operação que alinha lucratividade e sustentabilidade.

Sobre o princípio do poluidor-pagador, Pozzetti e Saboia (2017, p. 9), alega que:

Ele se constitui em uma das formas de atuação do poder de polícia e na cobrança de um preço pelo uso dos recursos ambientais para conter o desperdício, seja através da concessão de licenças e alvarás e da imposição de multas, seja para arrecadar recursos para custear a limpeza e recuperação do meio ambiente e o combate às condutas poluidoras.

O princípio do poluidor-pagador assume caráter coercitivo, atuando tanto na prevenção quanto na repressão de condutas lesivas ao meio ambiente. Fundamenta-se na premissa de que quem explora ou degrada o patrimônio ambiental deve arcar integralmente com os custos provenientes de sua atividade, internalizando as despesas de reparação e mitigação dos danos. Assim, assegura-se que a operação de infraestruturas críticas, como a dos *data centers*, seja harmonizada com as diretrizes do desenvolvimento sustentável.

2.5 Princípio da Equidade Intergeracional

É o princípio que visa a perpetuação da espécie, no qual coloca as ações atuais não apenas levando em conta os benefícios imediatos, mas seus impactos no meio ambiente que em um contexto de mudanças climáticas propulsora de frequentes catástrofes coloca em risco uma vida digna para a geração atual e a inexistência de gerações futuras.

Nesse sentido a Corte Interamericana de Direitos Humanos na sentença do caso de La Oraya vs Perú, que desde da Opinião Consultiva nº 23, reconhece o direito ao meio ambiente saudável como Direito Humano autônomo, criando uma jurisprudência cogente para grandes danos a esse direito humano, no qual fundamenta a sentença na equidade intergeracional, *ipsis verbis*:

173. A equidade intergeracional busca, em última instância, preservar a liberdade das gerações futuras e pode ser sintetizada como uma questão de harmonização entre dois extremos: por um lado, o dever do Estado de obter o máximo bem-estar da população; mas limitado ou contrabalançado pelo dever de não ameaçar indevida ou desproporcionalmente o bem-estar e a sobrevivência das gerações futuras. Assim, qualquer medida que, mesmo que traga benefícios atuais, coloque em risco a integridade do meio ambiente em qualquer um de seus aspectos, deve ser qualificada como não solidária e contrária a esse princípio.

A Corte IDH por meio do princípio da equidade intergeracional impõe ao Estado o dever de promover o bem-estar presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de desfrutarem de um meio ambiente equilibrado, tal como previsto no art. 225 da Constituição Federal. Isso significa que qualquer política ou empreendimento que, embora gere benefícios imediatos, cause degradação irreversível dos bens naturais – gerando riscos à biodiversidade, ao clima e à qualidade de vida vindoura – deve ser vedada.

Na prática, esse princípio exige que estudos de impacto ambiental avaliem cenários de longo prazo, que licenças e outorgas incluam condicionantes de uso sustentável e que o Poder Público, bem como a sociedade civil organizada, atue preventivamente para assegurar a sobrevivência da humanidade, tornando urgente legislação específica para regulamentar práticas sustentáveis para as operações de *data center*, sendo a morosidade legislativa sobre o tema emergente um descaso com a própria espécie.

3. ESPÉCIES DE *DATA CENTERS*

Assim como ocorre em diversos segmentos do mercado tecnológico, há diferentes tipos de data centers. Desses, destacaremos três (*Data Center On-Premise*, *Cloud* e *Hyperscale*), expondo suas especificidades operacionais e seus impactos ambientais.

3.1 Data Center On-Promise

Um *data center on-promise* como a tradução sugere, é um *hardware* local, com dedicação exclusiva para a empresa que adota esse sistema, armazenando seus dados, operando softwares corporativos (ERP, CRM, bancos de dados etc.) e garantindo total controle sobre segurança, backup e recuperação de desastres. Nessa linha Melo (2014, p. 21), explica que:

Por estar alocado nas dependências da empresa, esse hardware local reduz a latência e assegura desempenho estável para aplicações críticas, ao mesmo tempo em que permite ajustes precisos de capacidade e configurações de rede conforme as necessidades do negócio. [...] datacenter tradicional aquele que utiliza servidores físicos dedicados às aplicações da empresa; cada servidor com seu sistema operacional e com uma ou mais aplicações específicas instaladas nesse servidor físico. No modelo tradicional, não há nenhum tipo de virtualização e, por este motivo, dependendo do número de aplicações que a empresa utiliza e do número de servidores no datacenter, pode haver desperdício de recursos.

O modelo on-premise oferece segurança e visibilidade total sobre o ciclo de vida dos ativos para a empresa, porém, é imprescindível adotar medidas de eficiência, como energia de fontes renováveis, reduzir custos operacionais desnecessários para minimizar o impacto ambiental, portanto, o *data center on-premise* se tornou produto para organizações com requisitos rigorosos de segurança e privacidade, como instituições financeiras e órgãos governamentais.

3.2 Data Center Cloud

A onipresença da computação em nuvem no cotidiano digital está difundida na sociedade contemporânea, tendo em vista o frequente uso de redes sociais, ferramentas acadêmicas e serviços de streamings (por exemplo spotify e Netflix), sendo despercebido por aparentar simplicidade, porém dependem de uma infraestrutura complexa. Sobre computação em nuvem Pedrosa e Nogueira (p.4):

A utilização da computação em nuvem está em tarefas comuns como: publicar uma foto na internet, um comentário em site de rede social, desenvolver um trabalho com um colega usando ferramentas de edição de texto disponibilizadas através de um site (como estou fazendo neste momento) ou simplesmente enviar uma mensagem por correio eletrônico. A nuvem representa uma camada conceitual que abstrai toda infraestrutura da plataforma computacional, deixando os serviços transparentes ao usuário que é atendido como se os dados e programas estivessem em sua máquina local.

A computação em nuvem com as técnicas de virtualização³, nos faz esquecer que cada ação digital (como postar uma foto ou mandar um e-mail) depende de “fábricas reais”, os *data*

³ Conforme Melo (2014) antes da virtualização, cada servidor físico costumava ficar ocioso (por exemplo, utilizando 20-30 % de CPU e memória) porque era dedicado a uma única aplicação. A virtualização através do *software hypervisor*; é possível criar diversas máquinas virtuais (*VMs*) em um único servidor físico (*host*),

centers. A afirmação de que *data centers* são a manifestação física da computação em nuvem revela a essência paradoxal, a abstração (abstração que convenientemente camufla o seu custo climático) dos serviços depende de uma infraestrutura concreta.

Acerca dos desafios do *data center* de ter uma operação sustentável, Teixeira (2024, p.34), expõe que:

A computação em nuvem, enquanto traz desafios para a sustentabilidade, também oferece oportunidades significativas para melhorias ambientais, especialmente quanto à eficiência energética. A implementação de estratégias sustentáveis na computação em nuvem não somente atenua o impacto ambiental, mas também pode acarretar vantagens econômicas. Esses benefícios incluem a redução de custos operacionais e ainda a melhoria da imagem corporativa.

Data centers consomem energia 24 horas por dia (geralmente de fontes energéticas poluentes), sistemas de resfriamento gastam rios de água e equipamentos viram lixo tóxico em poucos anos, que o *data center cloud* conseguiu atenuar os impactos ambientais por ter uma operação mais sustentável, portanto, o mundo digital não para de se expandir na nuvem e consequentemente consome mais energia elétrica e emite mais CO₂.

3.3 Data Center Hiperescala (*Hyperscale*)

Os *data centers* em hiperescala são infraestruturas físicas projetadas para crescer de forma massiva, agrupando milhares de servidores que entregam altíssima capacidade de processamento e armazenamento para demandas de big data⁴, serviços críticos de nuvem e treinamento de IA. Todas essas demandas hiperescalares das atividades citadas cobram um custo ambiental muito alto, que Domínguez (2025, p.4) alerta:

[...] “centros de datos hiperescalares” y suponen un grave problema para los ecosistemas y las comunidades de su entorno. De todas las características que podríamos señalar de estos centros, la más importante es su demanda de recursos energéticos e hídricos, es decir, su conformación como auténticos sumideros de energía y agua.

Esses data centers são usados para tarefas computacionais complexas como a IA, e todo esse esforço computacional exige recursos energéticos e hídricos em grande quantidade, impacta todo o meio ambiente ao seu redor impacta todo o meio ambiente ao seu redor. A imensa escala de processamento requerida por aplicações como IA e computação em nuvem

maximiza a utilização do *hardware*, engloba lacunas de uso e eleva a ocupação média ficando menos ocioso, que permite reduzir o número de servidores, racks e o consumo de energia. Com menos *hardware* para comprar, manter e resfriar, o *data center* fica muito mais enxuto e econômico, sem prejuízo de desempenho.

⁴ Big Data é o termo que descreve conjuntos de dados massivos e complexos (como os gerados por redes sociais, sensores ou transações digitais), impossíveis de processar com ferramentas tradicionais. Seu núcleo são os 5 Vs: volume (quantidade imensa), velocidade (fluxo rápido), variedade (formatos diversos), veracidade (confiabilidade) e valor (extração de insights úteis para decisões estratégicas).

demanda quantidades colossais de água potável e energia, frequentemente equivalente ao consumo de cidades inteiras.

4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A Inteligência Artificial (IA) é a capacidade de máquinas imitarem a inteligência humana, por meio do *machine learning* analisam dados, reconhecem padrões e tomam decisões autônomas. Alimenta desde assistentes digitais e diagnósticos médicos até sistemas de transporte e criação artística. Concomitantemente Paixão (2022, p. 1) explica que:

O aprendizado de máquina é um subcampo da ciência da computação que busca uma interseção de técnicas matemáticas e estatísticas com algoritmos computacionais. ML utiliza algoritmos com o conceito de IA e é aplicada em determinadas situações em que se busca padrões em um conjunto de variáveis com o intuito de prever um resultado específico de interesse

A IA está se tornando inevitável no cotidiano da sociedade, devido sua ubiquidade (presente tanto em softwares quanto em dispositivos físicos) e sua posição como parte integrante de um espectro tecnológico contínuo e progressivo, onde algoritmos, IA, sistemas de aprendizado autônomo avançado e robótica inteligente interconectam-se organicamente, evoluindo de conceitos básicos rumo a aplicações cada vez mais complexas.

Iglecias e Ferrari (p. 9), em relação a IA alertam e elucidam:

Todavia, da mesma forma que chaminés isoladas podiam não denunciar as fragilidades ambientais a indicar poluição do ar, o efeito sinérgico de diversos data centers, consumindo eletricidade em patamares equivalentes ao de países inteiros e o treinamento de variantes de modelos, repetidos na ordem de bilhões de vezes ao dia, nos convida a questionar se seria a IA uma reedição simbólica das nossas antigas chaminés e a partir disso indagar como considerar as externalidades negativas geradas pelo artefato.

A Inteligência Artificial é uma tecnologia disruptiva, no qual o seu treinamento em *data centers hyperscale* consome grande quantidade de energia, sendo uma nova etapa no antropoceno, que se iniciou com a revolução industrial com o aumento abrupto de CO₂ na atmosfera a partir da queima maciça de carvão, e agora de forma despercebida o mercado de tecnologia apresenta uma pegada de poluição significativamente maior do que a setor de transporte aéreo civil.

A operação de IA gera uma pegada ecológica silenciosa. O futuro exige equilibrar inovação e sustentabilidade, desenvolvendo IA energeticamente eficiente e alimentando *data centers* com fontes renováveis, para que o avanço tecnológico não custe o planeta.

5. A IMPORTÂNCIA E OS CUSTOS AMBIENTAIS EXIGIDOS PELOS *DATA CENTERS*

O *data center* é a base de toda tecnologia da informação, logo é indiscutível sua essencialidade no mundo globalizado, facilitando o acesso a serviços essenciais para saúde, educação, finanças e governança eletrônica, além de permitir análises avançadas de dados para monitorar e proteger o meio ambiente.

Portanto questionar a operação de *data center* dessas empresas, tendo em vista que os sistemas de *data centers/computacionais* estão cada vez mais em evoluindo progressivamente – com o treinamento de IA sendo o grande “vilão” da emissão de CO₂ – e consequentemente aumentando o impacto antropogênico, portanto, faz parte do dever constitucional da comunidade de defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

Freitas, Silva e Assis Rodrigues (2025, p.10), identificaram ações de diretriz de TI Verde implementadas pelas empresas: Amazon.com, Inc., Google, Inc. e Meta Platforms, Inc., e constataram que:

Porém, vale ressaltar que uma das ações identificadas para a diminuição da emissão de GEE está baseada no mercado voluntário de carbono. Esta ação acrescenta uma nova perspectiva crítica à discussão. Isso porque, sendo o mercado voluntário uma estratégia complementar ao mercado regulado de carbono, ainda falta a essa atividade uma regulamentação global e padronizada. Situação que pode influenciar na qualidade ou efetividade da compensação que o mercado voluntário pode gerar, favorecendo ações de maquiagem verde ou *greenwashing*.

A inexistência de norma global e padronizada no mercado voluntário de carbono fragiliza a confiabilidade das compensações de gases de efeito estufa (GEE) e amplia o risco de *greenwashing*. Embora sirva como complemento ao mercado regulado, sua real eficácia só será alcançada com a adoção de critérios uniformes que assegurem a integridade e a transparência das ações de mitigação.

Em um contexto de crise climática regular as empresas que operam *data centers* torna-se urgente, tendo em vista a proporção do impacto ambiental gerado por sua operação, afetando o meio ambiente de diversas formas negativas.

5.1 Impactos Ambientais dos *Data Centers*

É emitido 2 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera anualmente para a operação da criptomoeda Bitcoin e o equivalente a 15 000 residências no consumo para atender usuários brasileiros do Facebook. Em Vinhedo/SP fica localizado o maior símbolo dessa presença tecnológica no Brasil, o maior *data center* da América Latina que “tem 46.000 m² de área total, 7.300 racks e capacidade energética de 61 MW” (Ascenty, 2024).

A grande emissão colabora com a crise climática vigente, no qual várias catástrofes como as grandes enchentes no Rio Grande do Sul e grandes secas que isolam povos indígenas

e ribeirinhos, são recorrentes e cada vez mais extremos. Em Benjamin Constant, cidade do interior do Amazonas com cerca de 37.000 habitantes, Silva (2025, p. 19) denuncia as grandes cheias e secas extremas que:

Além disso, a escassez de água comprometeu o fornecimento de água potável, pois a Companhia de Saneamento do Amazonas não estava conseguindo distribuir água para o município, devido à falta de energia, consequência da falta de diesel vindo de Manaus, o que fez que o valor da água subisse, e de alimentos para cidades e muitas comunidades locais, que dependem diretamente dos rios para suas subsistências.

As mudanças climáticas já é uma realidade no Norte e Sul do país, portanto, o interesse de redução de emissão de carbono como forma imediata de evitar que novos desequilíbrios ambientais ocorram e afetem o mundo, e o isolado interior do Amazonas. Além do impacto à atmosfera terrestre, os *data centers* sofrem problemas de aquecimento por conta da alta performance energética que necessitam para realizar as tarefas computacionais, portanto, exigem milhões de litros de água potável para refrigerá-lo, e aumentar sua vida útil e na velocidade de execução de tarefas.

Em virtude do alto consumo de água potável necessária pelos *data centers* causaram impactos ambientais hídricos na Espanha, pois conforme declaram Lacerda Carelli, Pereira e Souza Júnior (2024, p.13):

Na Espanha, há controvérsias em torno da implementação de um *data center* da empresa Meta. Estima-se que o novo empreendimento consumirá cerca de 600 milhões de litros de água potável, com a circunstância agravante de que se instalará numa região passível de sofrer as consequências de escassez hídrica. O consumo de água é destinado a alimentar o sistema de refrigeração dos computadores. A título comparativo, o *data center* consumiria diariamente o equivalente ao consumo de 4.181 moradores da localidade. Além do impacto hídrico, há também implicações para a fauna local, precisamente para espécies de pássaros ameaçadas de extinção.

A instalação do *data center* da Meta na Espanha configura um dilema entre inovação tecnológica e sustentabilidade hídrica, na medida em que o consumo projetado de 600 milhões de litros de água potável para sistemas de refrigeração, em região susceptível à escassez, agrava ao acontecimento de secas mais intensas, desequilibrando o ecossistema local.

A tecnologia da informação evolui cada vez mais rápido, e em um contexto de *data centers* que são grandes maquinários, uma grande quantidade de material eletrônico se torna obsoleto, sendo inevitável o seu descarte. Sobre esse problema ambiental gerado pela grande quantidade de lixo eletrônico, Rocha (2023, p. 49) expõe que:

Um problema é como descartar equipamentos obsoletos já que não se trata de lixo comum. É fácil lembrar que com o crescimento da indústria de TI, equipamentos vão ficando obsoletos com uma maior velocidade. Destaca-se que o descarte inadequado gera impactos no meio ambiente com resíduos e substâncias tóxicas afetando solo, vegetais e animais.

Em *data centers*, a constante troca de servidores e equipamentos a cada 3 a 5 anos gera grande volume de resíduos eletrônicos contendo metais pesados e materiais complexos, sem

programas de devolução aos fabricantes ou de reciclagem certificada, esses Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos poluem solos, animais, águas e aumentam emissões de CO₂ ao demandar nova produção de *hardware* (peças/matérias eletrônico), e mineração de metais para a confecção das peças computacionais. As definições legais de gerenciamento de resíduos sólidos são encontradas na Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos:

Art. 3 (...) *omissis*

[...]

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIII - padrões sustentáveis de produção e consumo: produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras;

Portanto, incluir desde a compra a provisão para descarte adequado, e adotar remanufatura e reuso interno (por exemplo, reaproveitar memórias e discos em ambientes menos críticos) e adotar parceria com recicladores especializados são medidas essenciais para reduzir o lixo eletrônico, cumprir a legislação, promovendo uma economia sustentável, mitigando impactos ambientais. Conforme Monserrate (2022) diversas empresas de TI recorrem à obsolescência planejada como estratégia para estimular o consumo contínuo, ao afirmar que:

What if we begin to reject the market logics that Big Tech has hardwired into us? Take, for example, planned obsolescence, a built-in feature of our gadgets that assure their continuous upcycling as the latest, glitzier version debuts on the market. [...] In data centers, this would mean designing servers that are more resilient and repairable at a component level to minimize electronic waste.⁵

⁵ Tradução livre do autor: E se começarmos a rejeitar as lógicas de mercado que as grandes empresas de tecnologia nos impuseram? Tomemos, por exemplo, a obsolescência planejada, uma característica incorporada aos nossos aparelhos que garante sua reciclagem contínua à medida que versões mais recentes e sofisticadas são lançadas no

A obsolescência planejada, ao promover a troca constante de dispositivos, resulta em aumento expressivo de resíduos eletrônicos e agrava problemas ambientais, exigindo refletir sobre as práticas de mercado que privilegiam o lucro em detrimento da sustentabilidade. A proposta de projetar *data centers* mais duráveis e reparáveis demonstra que alternativas técnicas existem para reduzir o descarte precoce de equipamentos.

A composição desse maquinário requer diversos tipos de metais, logo é importante destacar os problemas que o Brasil enfrenta com o garimpo ilegal que destrói grandes áreas florestadas, contaminando com mercúrio o solo, ar e hidrovias. Sobre a relação das big techs e o garimpo ilegal na Amazônia, Figaro e Paulino (2024, p.6) relatam que:

No que diz respeito à exploração do território nacional para infraestrutura e o uso de recursos naturais, não se sabe ao certo como as empresas atuam para viabilizar a cadeia de valor da indústria digital e da IA no que diz respeito aos minérios necessários à operação e à produção de seus produtos eletrônicos. Em 2022, denúncias sobre a extração ilegal de ouro em terras indígenas na Amazônia brasileira ligavam os responsáveis às maiores big techs do mercado.

Marques, Pozzetti, Lopes e Seixas (2022, p.15) apontam os impactos do garimpo e advertem que:

[...] E o mais grave problema ambiental “é a contaminação dos peixes e rios, principais fonte de vida dos povos indígenas; assim sendo, o uso do mercúrio e despejo irregular nos rios, afetam a vida das populações originárias, ferindo com muita intensidade os direitos humanos de um povo que vem sendo vilipendiado em seus direitos, constantemente. Não se pode continuar a fechar os olhos para tamanha crueldade.

O maquinário necessário ao *data center*, ao depender de metais extraídos em larga escala, relaciona-se diretamente aos impactos socioambientais provocados pelo garimpo ilegal na Amazônia. Ao degradar extensas áreas florestadas e contaminar solos, rios e comunidades com mercúrio, o garimpo ilegal não só provoca perdas irreversíveis à biodiversidade e à qualidade dos recursos hídricos, mas também atinge de forma perversa a população indígena e ribeirinha, cuja subsistência e cultura dependem diretamente desses ecossistemas.

Ademais, os potenciais danos expostos reclama estudos de impacto ambiental aprofundados e estratégias de mitigação específicas, em consonância com o dever positivado na Constituição Federal no art. 225, § 1º, I, do poder público de “preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas”. Nesse sentido, reconhecer a dependência dessa máquina para a existência da “sociedade digital”, exige a reflexão sobre a pegada ambiental causada de forma imperceptível e ininterrupta, causando danos significativos na “sociedade real”.

mercado. [...] Nos centros de dados, isso significaria projetar servidores mais resistentes e reparáveis em nível de componentes para minimizar o desperdício eletrônico.

6. NECESSIDADE DE OS *DATA CENTERS* RECICLAREM OS BENS AMBIENTAIS QUE UTILIZAM

O data center (em especial o que opera IA) é uma tecnologia que pode ser usada para diversa atividades, até mesmo na preservação do meio ambiente e previsão de desastres naturais frequentes na crise climática vigente, mas que devido sua alta demanda de bens ambientais para sua operação constante é alarmante. Nessa linha Hupffer, Sbaraine e Martins (2024, p. 32-33) descrevem os sistemas de IA como:

Sistemas de IA projetados para a sustentabilidade também são considerados uma “faca de dois gumes”, visto que os esforços computacionais, o aumento de *big data*, a ampliação de *data centers*, contribuem cada vez mais para as emissões de Gases de Efeito Estufa e exigem grandes quantidades de energia para operar. Contudo, o uso responsável da IA e ancorada em princípios éticos, questões de justiça globais, respeito aos direitos humanos e políticas públicas poderá auxiliar a construir um mundo mais verde e sustentável, contribuindo com a complexa missão da atual geração de lidar com as alterações climáticas e com a crise ambiental.

Portanto para extrair todo potencial benéfico da IA (potencializa a capacidade de modelagem climática e detecção precoce de desastres), é necessário torná-lo eficiente diminuindo consideravelmente a demanda por energia e recursos hídricos.

Torna-se imperioso articular estratégias de redução de carbono – mediante uso prioritário de matrizes renováveis e aplicação de técnicas de eficiência energética nas cargas de trabalho computacionais – com tecnologias de resfriamento que minimizem o consumo de água potável, incluindo sistemas de recirculação, uso de águas residuais tratadas, e demais formas eficientes de economizar bens naturais.

O princípio do poluidor-pagador exige a internalização dos custos de mitigação, reciclagem e destinação de resíduos eletrônicos, e é necessário ter uma sanção severa para desestimular práticas de mercados que tornam os produtos obsoletos em curto lapso temporal acarretando uma grande quantidade de lixo eletrônico, e, ao necessitar de novos hardwares fomenta a exploração de minérios.

O uso dos bens naturais é de interesse coletivo, do qual não pode ser usado de forma indiscriminada visando o lucro mediato em detrimento do meio natural e da comunidade local, e até mesmo mundial quando se trata de emissão de CO₂ em meio crise climática. A TI verde é a vertente que dialoga com a equidade intergeracional, comprometida com o desempenho que geram bem-estar e principalmente com a eficiência e uso adequado de bens ambientais.

CONCLUSÃO

A problemática que motivou esta pesquisa foi a de verificar-se quais ações poderão ser tomadas pelo Estado brasileiro para gerar a mitigação dos impactos ambientais causados por *data centers* no Brasil, norteados por instrumentos jurídicos ambientais. Os objetivos foram cumpridos, ao descrever os *data centers* e sua operação com estudo interdisciplinar com base na literatura das ciências da tecnologia da informação, à medida em que se analisou a legislação, os documentos eletrônicos que interessavam à pesquisa, bem como jurisprudência e doutrina a respeito.

As consequências ambientais geradas pelos *data centers* demandam a atenção da sociedade civil e do Estado, pois se trata de um grande desafio contemporâneo ambiental, que apesar da sua essencialidade no cotidiano da maior parte do mundo carece de regulamentação específica. Vale a pena observar, a emissão de CO₂, o consumo exacerbado de água potável e o aumento significativo de resíduos eletrônicos (consequência de escolha de mercado visando lucro) impulsiona a exploração de minérios para a fabricação dos *hardwares* perecíveis, são um alerta para a emergência da regulamentação desse *hardware*. A combinação desses impactos em um cenário de crise climática, que tende a aumentar com novas descobertas, exigindo cada vez mais da natureza, sendo incompatível com a morosidade do legislativa.

Como resultado da pesquisa observa-se, a ausência de regulamentação sobre *data center*, retrata o descompromisso intra/intergeracional, contudo é extremamente relapsa em relação a exigências operacionais, que afetam o meio ambiente da região e global. Os Projetos de Leis em discussão nas casas legislativas, tratam a questão ambiental de forma secundária, em comparação a segurança de dados. Portanto, instrumentos jurídicos ambientais, como o princípio do poluidor-pagador, da sustentabilidade, da prevenção, da equidade intra e intergeracional e o conceito de democracia ambiental, devem ter destaque nos futuros legislações.

Em meio ao mundo cada vez mais informatizado, em que a tecnologias da informação serão cada vez mais presentes no cotidiano global, e, considerando os elevados custos à natureza para a operação dos *data centers*, é necessário que o direito como ciência social aplicada conduza o desenvolvimento da tecnologia da informação nacional e sua operação para uma TI ambientalmente correta, para que a sua propagação iminente seja plena e irrestrita em todos os estados do Brasil – inclusive no Amazonas em que tal tecnologia não prosperará devido a crônica crise hídrica – sem gerar graves danos aos ecossistemas brasileiros ao mesmo tempo

que universalizará a tecnologia para todos os brasileiros fomentando o desenvolvimento sustentável em meio à crise climática.

REFERENCIAS

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 06 mai. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2017**. Promulga o Acordo de Paris, sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2017. Seção 1, p. 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9073.htm. Acesso em: 18 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; revoga as Leis nº 9.795, de 27 de abril de 1999, nº 10.177, de 6 de fevereiro de 2001, e nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 02 jun. 2025.

JORNAL DA GLOBO. **Brasil é líder em investimentos em data centers na América Latina; cidade na Grande SP tem quinto maior complexo do planeta**. G1, 23 set. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2023/09/23/brasil-e-lider-em-investimentos-em-data-centers-na-america-latina-cidade-na-grande-sp-tem-quinto-maior-complexo-do-planeta.ghtml>. Acesso em: 16 mai. 2025.

CARDOSO, Cássio. Energia e sustentabilidade em data centers. **Datacenter: projeto, operação e serviços-Unisul Virtual**, 2017.

CORTE INTERAMERICANA DE DERECHOS HUMANOS. *Opinión Consultiva OC-23/17 de 15 de noviembre de 2017 (Medio ambiente y derechos humanos: obligaciones estatales en relación con el medio ambiente en el marco de la protección y garantía de los derechos a la vida y a la integridad personal – interpretación y alcance de los artículos 4.1 y 5.1, en relación con los artículos 1.1 y 2 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos)*. San José: Corte IDH, 15 nov. 2017. Série A n. 23. Disponível em fonte oficial da Corte IDH.

CORTE INTERAMERICANA DE DIREITOS HUMANOS. **Caso Comunidad de La Oroya vs. Peru**: sentença de 27 de novembro de 2023 (Mérito, Reparações e Custas). Tradução para o português: Ministério Público Federal. Brasília: MPF, 2024. Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/sci/dados-da-atuacao/corte-idh/comunidad-de-la-oroya-vs-peru_sentenca_versao-em-portugues.pdf. Acesso em: 13 jun. 2025.

DOMÍNGUEZ, Manuel García. Los centros de datos como centros de conflictos: el caso de los humedales en Quilicura y Cerrillos (Chile). **Revista Controversia**, n. 224, p. 1-23, 2025.

FIGARO, Roseli; PAULINO, Luís Antônio. Soberania na cadeia produtiva de IA: Defesa dos recursos naturais e regulação do trabalho. **Liinc em Revista**, v. 20, n. 2, 2024.

FREITAS, Enne Rebeca Silva; SILVA, Larissa Lima; ASSIS RODRIGUES, Fernando. Ações de sustentabilidade ambiental em serviços de tecnologia da informação de Big Techs: uma

análise pautada na tecnologia da informação verde e na agenda 2030. **Universidade e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 01-13.

HUPFFER, Haide Maria; SBARAINÉ, Adriano; MARTINS, Danielle Paula. Desafios éticos, jurídicos e de governança para o desenvolvimento de sistemas de IA voltados à sustentabilidade ambiental. **Inteligencia artificial para un futuro sostenible: desafíos jurídicos y éticos [recurso eletrônico]/organização Haide Maria Hupffer, Jorge Eduardo Vásquez Santamaría, Taeli Gómez Francisco**. São Leopoldo: Casa Leiria, 2024.

IGLECIAS, Patrícia; FERRARI, Vanessa. **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E DANO AMBIENTAL**. Disponível em: <http://www.guaritadigital.com.br/casaleirialivros/dia/dia.5.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2025.

LACERDA CARELLI, Rodrigo; PEREIRA, Carolline Vasconcellos; DE SOUZA JÚNIOR, Nael Neri. Data centers: uma abordagem sobre as suas implicações trabalhistas e ambientais no Brasil. **Revista Jurídica Trabalho e Desenvolvimento Humano**, v. 7, 2024.

LEMONS, André. Dataficação da vida. **Civitas-Revista de Ciências Sociais**, v. 21, p. 193-202, 2021

LIU, Yanan et al. Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers. **Global Energy Interconnection**, v. 3, n. 3, p. 272-282, 2020.

LOUREIRO, Sílvia Maria da Silveira. Clínicas jurídicas, democracia ambiental e desenvolvimento sustentável: alianças em ação. In: BÁRCENA, Alicia; TORRES, Valeria; MUÑOZ Ávila, Lina (org.). **El Acuerdo de Escazú sobre democracia ambiental y su relación con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**. Bogotá: CEPAL; Editorial Universidad del Rosario, 2021. p. 249–266.

LUNA, Renan de Melo Rosas; NOGUEIRA JUNIOR, Bianor Saraiva. O PROJETO DE LEI 767/2023: A TRIBUTAÇÃO AMBIENTAL DIRIGIDA À BUSCA DO DIREITO AO MEIO AMBIENTE SUSTENTÁVEL E O DEVER DO PODER PÚBLICO DE DEFENDER E PRESERVAR. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, 2024.

MARQUES, Ricardo Lívio Santos; POZZETTI, Valmir César; LOPES, Maria Teresa Gomes; SEIXAS, Caroline das Chagas. Uso de mercúrio na Amazônia brasileira: contaminação, problemas e legislação vigente. **Revista Catalana de Dret Ambiental**, v. 13, n. 2, 2022.

MELO, Marcelo Morais de. **Auxílio à tomada de decisão no processo de migração para computação em nuvem**. 2014.

MONSERRATE, Steven Gonzalez. The Infinite Cloud Is a Fantasy. **Wired**, 15 nov. 2022, Disponível em: <https://www.wired.com/story/cloud-data-storage-climate/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

NOGUEIRA JUNIOR, Bianor Saraiva. Tese de Doutorado. **Amazonissínio: por um sistema jurídico pluridimensional da Amazônia**. UFGM. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2023.

PAIXÃO, Gabriela Miana de Mattos et al. Machine learning na medicina: revisão e aplicabilidade. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 118, n. 1, p. 95-102, 2022.

PEDROSA, Paulo H. C.; NOGUEIRA, Tiago. **Computação em Nuvem**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2025.

POZZETTI, Daniel Gabaldi; POZZETTI, Laura; POZZETTI, Valmir César. A importância do princípio da precaução no âmbito da conservação ambiental. **Journal of Law and Sustainable Development**, v. 8, n. 2, p. 175-189, 2020.

POZZETTI, Valmir César; NASCIMENTO, Leonardo Leite. A Necessidade do Gerenciamento das Águas Doces Compartilhadas no Pan Amazônia. **Conpedi Law Review**, v. 3, n. 1, p. 235-249, 2017.

POZZETTI, Valmir César; SABOIA, José Wilker Leite. A TRIBUTAÇÃO MUNICIPAL COMO MECANISMO INDUTOR À PRESERVAÇÃO AMBIENTAL. **Revist Derecho Y Cambio Socyal**. □ v. 14 n. 49 (2017). Disponível em: <https://ojs.revistadcs.com/index.php/revista/article/view/2327>; consultado em 17 ago. 2025.

ASCENTY. **Qual o maior Data Center da América Latina?**. 2024. Disponível em: <https://ascenty.com/blog/artigos/maior-data-center-da-america-latina/#:~:text=O%20Data%20Center%20de%20Vinhedo,universidades%20e%20institui%C3%A7%C3%B5es%20educacionais>. Acesso em: 16 mai. 2025.

ROCHA, José Gladistone. Tecnologia da Informação Verde: boas práticas a serem adotadas pelas organizações. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, v. 14, n. 1, p. 44-54, 2023.

SARLET, Ingo W.; FENSTERSEIFER, Tiago. **Curso de Direito Ambiental** - 5ª Edição 2025. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2025. E-book. p.255. ISBN 9788530995478. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788530995478/>. Acesso em: 12 mai. 2025.

SILVA, Eduardo da Silva e. **Dinâmicas de preços: um estudo dos impactos da estiagem do rio Solimões sobre os preços dos alimentos da cesta básica no ano de 2024 e seus efeitos sobre a população de Benjamin Constant-AM**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Instituto de Natureza e Cultura, Universidade Federal do Amazonas, Benjamin Constant, 2024.

ZUCCHI, Wagner Luiz; AMÂNCIO, Anderson Barreto. Construindo um data center. **Revista USP**, n. 97, p. 43-58, 2013.