

A NUVEM PESA: EXPANSÃO DOS DATA CENTERS PARA A REGIÃO AMAZÔNICA E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ERA DA INFORMAÇÃO

Bruno Hanan Zacarias¹
Gabrielle Roberta Carvalho Nunes²
Gizelle Beatriz Pacheco Rocha Lima³
Guilherme Castro de Araújo Hilgenberg⁴
Hamilton Gomes de Santana Neto⁵
Jonathan Andrade Moreira⁶
Mariana Santos Costa⁷

RESUMO: A intensificação da economia digital e a crescente demanda por serviços baseados em dados têm impulsionado a expansão dos *data centers*, infraestruturas essenciais ao funcionamento da chamada “nuvem”. Embora frequentemente percebidos como intangíveis, esses empreendimentos possuem elevada materialidade física, exigindo complexos sistemas de processamento, armazenamento e resfriamento contínuo. Na Região Amazônica, a instalação de *data centers* tem sido estimulada por fatores como a disponibilidade energética e incentivos econômicos, mas também suscita preocupações relevantes quanto aos impactos ambientais, especialmente em razão do elevado consumo de energia elétrica e do uso intensivo de recursos hídricos. Nesse contexto, torna-se necessária a análise crítica da relação entre desenvolvimento tecnológico e sustentabilidade ambiental. O presente artigo tem como objetivo examinar os impactos socioambientais decorrentes da expansão dos *data centers* na Amazônia, à luz do desenvolvimento sustentável e da proteção ambiental, discutindo os desafios regulatórios e a necessidade de compatibilização entre inovação tecnológica e preservação dos ecossistemas amazônicos. Ao final, sustenta-se que a ausência de um marco regulatório específico e de políticas públicas orientadas pela precaução e pela função socioambiental da atividade econômica pode aprofundar assimetrias e riscos ambientais na região, sendo imprescindível a adoção de instrumentos jurídicos e institucionais capazes de promover um modelo de desenvolvimento tecnológico ambientalmente responsável. A pesquisa adota metodologia qualitativa, de natureza exploratória, com base em revisão bibliográfica e documental, articulando contribuições do Direito Ambiental e de abordagens interdisciplinares.

Palavras-chave: *Data centers*. Amazônia. Sociedade da informação. Impactos ambientais. Desenvolvimento sustentável.

¹ especialista em Direito Público pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Analista Judiciário no Tribunal de Justiça do Estado do Amazonas (TJ/AM).

²Graduanda em Direito na Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

³Graduanda em Direito na Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

⁴Mestrando em Direito Ambiental na Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Assistente Jurídico no Tribunal de Justiça do Estado do Amazonas (TJ/AM).

⁵ Doutorando em Direito Ambiental na Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Doutorando em Função Social do Direito pela Faculdade Autônoma de Direito (FADISP). Mestre em Constitucionalismo e Direitos na Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Professor de pós-graduação na Escola Superior da Magistratura do Amazonas (ESMAM). Professor de graduação na Faculdade de Direito da UFAM. Analista da Fazenda na SEFAZ/AM.

⁶ Mestrando em Direito Ambiental Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Assessor Jurídico no Tribunal de Justiça do Estado do Amazonas (TJ/AM).

⁷ Graduanda em Ciências Contábeis na Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

ABSTRACT: The intensification of the digital economy and the growing demand for data-based services have driven the expansion of data centers, essential infrastructures for the operation of the so-called “cloud.” Although often perceived as intangible, these facilities possess significant physical materiality, requiring complex systems for continuous data processing, storage, and cooling. In the Amazon region, the installation of data centers has been encouraged by factors such as energy availability and economic incentives; however, it also raises substantial environmental concerns, particularly due to high electricity consumption and intensive use of water resources. In this context, a critical analysis of the relationship between technological development and environmental sustainability becomes necessary. This article aims to examine the socio-environmental impacts resulting from the expansion of data centers in the Amazon, in light of sustainable development and environmental protection, discussing regulatory challenges and the need to reconcile technological innovation with the preservation of Amazonian ecosystems. It argues that the absence of a specific regulatory framework and of public policies guided by the precautionary principle and the socio-environmental function of economic activity may intensify environmental risks and regional asymmetries. The study adopts a qualitative and exploratory methodology, based on bibliographic and documentary research, drawing on Environmental Law and interdisciplinary approaches.

Keywords: Data centers. Amazon region. Information society. Environmental impacts. Sustainable development.

INTRODUÇÃO

A consolidação da sociedade da informação transformou profundamente as dinâmicas econômicas, sociais e institucionais contemporâneas, deslocando progressivamente o eixo da produção de riqueza para atividades baseadas no processamento e na circulação massiva de dados.

Nesse contexto, os data centers assumem papel central como infraestruturas indispensáveis ao funcionamento da economia digital, viabilizando serviços de computação em nuvem, inteligência artificial, plataformas digitais e sistemas de comunicação globais. Embora frequentemente associados à ideia de virtualidade, tais estruturas possuem elevada materialidade física, o que impõe novos desafios à compreensão de seus impactos socioambientais (Castells, 2010).

A incorporação acelerada de tecnologias emergentes na dinâmica social e econômica contemporânea tem sido acompanhada por um discurso fortemente orientado à inovação e à eficiência, muitas vezes dissociado de uma reflexão aprofundada sobre seus impactos ambientais. Nesse contexto, ganha relevância a noção de “riscos invisíveis”, compreendida como aqueles efeitos negativos que não se manifestam de forma imediata ou facilmente mensurável, mas que podem produzir danos significativos no médio e longo prazo, especialmente quando associados a processos tecnológicos complexos (Souza et al., 2025).

A retórica da “nuvem” contribui para a invisibilização das bases materiais que sustentam o ambiente digital, criando a falsa percepção de que as atividades informacionais estariam dissociadas do uso intensivo de recursos naturais. Entretanto, como apontam Hogan e Shepherd (2017), os data centers demandam funcionamento ininterrupto, sistemas sofisticados de resfriamento e elevada disponibilidade energética, fatores que resultam em significativo consumo de energia elétrica e recursos hídricos.

Tal realidade evidencia que a expansão da economia digital não é ambientalmente neutra, exigindo análise crítica sob a perspectiva da sustentabilidade, especialmente diante da tendência de crescimento de tais empreendimentos. Atualmente, o Brasil já possui mais de 190 data centers.

Figura 01: Mapa dos principais *data centers* no Brasil



Fonte: Data Center Map

A ideia de sustentabilidade digital surge, assim, como uma resposta crítica à percepção de neutralidade ambiental das tecnologias informacionais. Ao contrário do que sugere a retórica da virtualização, a infraestrutura digital depende de cadeias produtivas intensivas em energia, recursos naturais e insumos minerais, o que reforça a necessidade de reconhecer a materialidade e os impactos ecológicos subjacentes ao funcionamento das tecnologias emergentes (Souza et al., 2025).

Diante desse panorama, o presente artigo propõe-se a analisar criticamente os impactos socioambientais decorrentes da expansão dos *data centers* na Região Amazônica, examinando os desafios regulatórios e a necessidade de compatibilização entre inovação tecnológica, desenvolvimento sustentável e proteção ambiental. Busca-se, assim, contribuir para o debate jurídico contemporâneo, evidenciando a urgência de instrumentos normativos e políticas públicas capazes de assegurar que o avanço da sociedade da informação ocorra em consonância com os limites ecológicos e constitucionais.

1. A materialidade da “nuvem”: *data centers* e a desconstrução do mito da imaterialidade digital

A consolidação da sociedade da informação foi acompanhada pela difusão de uma narrativa que associa as tecnologias digitais à ideia de virtualidade, leveza e desmaterialização. Expressões como “nuvem” e “ambiente digital” reforçam a percepção de que os fluxos informacionais estariam dissociados de suportes físicos e do uso intensivo de recursos naturais. Contudo, como observa Castells (2010), a economia informacional não elimina a materialidade, mas a reorganiza em novas infraestruturas técnicas altamente complexas, invisibilizadas ao usuário final.

A precaução, quando corretamente compreendida, não se opõe à ciência, mas dialoga com ela. Trata-se de um instrumento que reconhece os limites do conhecimento científico em contextos de alta complexidade, exigindo decisões prudentes sem prescindir da avaliação técnica e do debate democrático sobre os rumos da inovação tecnológica (Souza et al., 2025).

Os *data centers* constituem o núcleo dessa infraestrutura material da economia digital. São complexos tecnológicos destinados ao armazenamento, processamento e gerenciamento de grandes volumes de dados, operando de forma contínua e ininterrupta. Para assegurar confiabilidade e disponibilidade, tais empreendimentos demandam sistemas redundantes de energia, redes de segurança física e lógica, além de sofisticados mecanismos de climatização e

resfriamento, o que revela sua intensa dependência de recursos naturais e energéticos (Hogan; Shepherd, 2017).

A desconstrução do mito da imaterialidade digital é essencial para compreender os impactos ambientais associados à expansão dos *data centers*. Diferentemente de atividades industriais tradicionais, cujos impactos são visíveis e localizados, os *data centers* produzem efeitos difusos e cumulativos, especialmente relacionados ao consumo de energia elétrica e à utilização de recursos hídricos para resfriamento dos equipamentos. Conforme destacam Jones (2018) e Cook et al. (2019), a crescente demanda por dados tem elevado significativamente a participação dos *data centers* no consumo global de energia.

Do ponto de vista ambiental, a operação contínua desses empreendimentos intensifica a pressão sobre matrizes energéticas nacionais e regionais. Ainda que parte da energia utilizada seja proveniente de fontes renováveis, como ocorre no Brasil, o aumento da demanda energética gera efeitos indiretos relevantes, como a necessidade de expansão de sistemas de geração, transmissão e distribuição, com impactos territoriais e ecológicos associados (Fearnside, 2016).

Outro aspecto central refere-se ao uso intensivo de água nos sistemas de resfriamento. Muitos *data centers* utilizam grandes volumes de água para manter a temperatura adequada dos servidores, sobretudo em regiões de clima quente. Tal prática levanta preocupações quanto à segurança hídrica, especialmente em áreas ambientalmente sensíveis ou com populações dependentes dos mesmos recursos naturais. Segundo Miller (2020), a gestão hídrica dos *data centers* permanece sub-regulada em diversos países, inclusive em contextos de escassez.

No âmbito jurídico, a invisibilização da materialidade dos *data centers* dificulta sua adequada inserção nos instrumentos tradicionais de controle ambiental. O licenciamento ambiental, previsto na Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), constitui instrumento central para o controle de atividades potencialmente poluidoras. Todavia, sua aplicação aos *data centers* revela lacunas normativas e técnicas, sobretudo quando tais empreendimentos se apresentam como atividades de “baixo impacto direto”, embora produzam efeitos indiretos significativos sobre o meio ambiente. Tal cenário reforça a importância da aplicação dos princípios da prevenção e da precaução, amplamente reconhecidos pela doutrina ambiental (Antunes, 2021).

A inovação verde, nesse sentido, deixa de ser uma escolha meramente estratégica ou mercadológica para assumir a condição de dever jurídico. A incorporação de critérios ambientais no desenvolvimento tecnológico reflete uma mudança de paradigma, na qual a eficiência

econômica passa a ser indissociável da proteção dos recursos naturais e da responsabilidade intergeracional (Souza et al., 2025).

Nesse cenário, o princípio da precaução assume papel central como instrumento jurídico de governança tecnológica. Diferentemente de abordagens reativas, baseadas exclusivamente na comprovação científica do dano, a precaução autoriza a adoção de medidas preventivas diante de incertezas razoáveis, sobretudo quando há potencial de danos graves ou irreversíveis ao meio ambiente e à saúde humana (Souza et al., 2025).

Além disso, a expansão de *data centers* na Amazônia deve ser analisada à luz da função socioambiental da atividade econômica, conceito que decorre da conjugação entre os arts. 170 e 225 da Constituição Federal. Para Gagliano e Pamplona Filho (2020), a atividade econômica legítima é aquela que harmoniza a busca pelo lucro com a proteção de interesses coletivos, especialmente os de natureza ambiental. Assim, a inovação tecnológica não pode servir de justificativa para a reprodução de modelos de desenvolvimento ambientalmente predatórios.

A aplicação do princípio da precaução, contudo, não deve ser compreendida como um entrave absoluto ao desenvolvimento tecnológico. Ao contrário, trata-se de um mecanismo que busca orientar a inovação de forma responsável, impondo limites normativos capazes de assegurar que o progresso científico ocorra em consonância com valores ambientais e sociais constitucionalmente protegidos (Souza et al., 2025).

6

Essa orientação reforça a compreensão de que, em matéria ambiental, a dúvida não pode favorecer o agente econômico potencialmente poluidor. Ao contrário, a incerteza deve operar em benefício da tutela ambiental, consolidando o entendimento segundo o qual a proteção do meio ambiente constitui prioridade jurídica frente a interesses econômicos imediatos (Souza et al., 2025).

Dessa forma, a análise da materialidade da “nuvem” revela que os *data centers* não representam apenas infraestruturas técnicas neutras, mas elementos centrais de um modelo de desenvolvimento que demanda regulação jurídica adequada. Reconhecer seus impactos ambientais é passo fundamental para a construção de políticas públicas e instrumentos normativos capazes de compatibilizar o avanço da sociedade da informação com a preservação ambiental, especialmente em regiões ecologicamente sensíveis como a Amazônia.

2. Amazônia, grandes empreendimentos tecnológicos e governança socioambiental: a centralidade da consulta prévia

A expansão das tecnologias digitais em escala global tem impulsionado a busca por novos territórios capazes de abrigar infraestruturas intensivas em dados, energia e conectividade. Nesse cenário, a Amazônia passa a ser progressivamente identificada como uma fronteira tecnológica emergente, sobretudo em razão de sua disponibilidade de recursos naturais, potencial energético e localização estratégica no contexto geopolítico sul-americano (Souza et al., 2025).

A crescente valorização da Amazônia no planejamento de infraestruturas tecnológicas de grande porte recoloca a região no centro de projetos que se apresentam como “modernização” e “inovação”. Porém, quando tais iniciativas alcançam territórios tradicionalmente ocupados, não se trata apenas de decisão econômica ou técnica: trata-se de opção político-jurídica que pode reorganizar modos de vida, padrões culturais e formas de relação com a terra, exigindo compatibilização com direitos fundamentais e com a tutela ambiental (Maior; Ribeiro; Marinho, 2020).

Sob o discurso da inovação verde e da sustentabilidade digital, a instalação de grandes empreendimentos tecnológicos na Amazônia é frequentemente justificada pela promessa de crescimento econômico e modernização. Entretanto, como alertam Souza et al. (2025), tecnologias emergentes, mesmo quando associadas a narrativas sustentáveis, podem gerar riscos invisíveis, cujos efeitos ambientais e sociais não se manifestam de imediato, mas se acumulam ao longo do tempo.

A consolidação da Amazônia como espaço estratégico para a instalação de grandes empreendimentos tecnológicos insere a região em uma nova dinâmica de ocupação territorial, marcada pelo discurso da inovação, da modernização e do desenvolvimento econômico.

Entretanto, assim como ocorreu em ciclos desenvolvimentistas anteriores, a implementação desses projetos tende a produzir impactos socioambientais relevantes, sobretudo quando incide sobre territórios tradicionalmente ocupados por povos indígenas e comunidades tradicionais, exigindo abordagem jurídica sensível aos direitos humanos e ambientais (Maior; Ribeiro; Marinho, 2020).

A título de comparação, tanto no campo ambiental quanto no penal, a falha na fase inicial do procedimento tende a contaminar todas as etapas subsequentes. No processo penal, a negligência na preservação da cena do crime compromete a cadeia de custódia e fragiliza a prova;

de modo semelhante, a implementação de empreendimentos sem consulta prévia adequada inviabiliza a construção de decisões legítimas e informadas. Em ambos os casos, há um deslocamento indevido da técnica para o plano meramente formal, esvaziando sua função garantidora de direitos fundamentais (Carvalho, 2016).

O ordenamento jurídico brasileiro tem demonstrado sensibilidade a essa lógica, especialmente por meio da atuação do Poder Judiciário. A consolidação jurisprudencial do princípio da precaução, notadamente no âmbito do Superior Tribunal de Justiça, evidencia uma postura protetiva que privilegia a defesa do meio ambiente diante da incerteza científica, inclusive com a adoção de mecanismos como a inversão do ônus da prova em ações ambientais (Souza et al., 2025).

A consulta prévia, livre e informada, nesse contexto, pode ser compreendida como um mecanismo de preservação democrática do “ambiente decisório”, assim como o isolamento do local do crime preserva o ambiente probatório. Ambos operam como filtros jurídicos contra arbitrariedades e contra a substituição da objetividade por narrativas pré-concebidas. Quando a consulta é realizada de forma tardia ou simbólica, reproduz-se lógica semelhante à da investigação baseada em suposições: decisões são tomadas antes da coleta adequada de informações, comprometendo a legitimidade do resultado (Feitosa et al., 2025; Pedrosa, 2020).

8

No contexto amazônico, essa perspectiva assume relevância ainda maior, pois os impactos de projetos econômicos e tecnológicos tendem a se manifestar de forma mais intensa e duradoura. A cidadania ambiental, ao articular dever ético, acesso à informação e participação democrática, funciona como mecanismo de contenção de decisões unilaterais e tecnocráticas. A ausência de engajamento social qualificado fragiliza a legitimidade das escolhas públicas e amplia o risco de danos socioambientais irreversíveis (Munhoz Ribeiro; Lima, 2025).

A participação cidadã, contudo, não se resume à consulta pontual ou à manifestação simbólica. Ela pressupõe acesso efetivo à informação ambiental e a existência de canais institucionais capazes de incorporar as contribuições da sociedade aos processos decisórios. A transparência administrativa e a democratização da informação ambiental constituem, portanto, pressupostos indispensáveis para o exercício da cidadania ambiental e para a consolidação de uma governança verdadeiramente participativa (Munhoz Ribeiro; Lima, 2025).

Dessa forma, a consolidação da Amazônia como espaço de inovação tecnológica exige a adoção de um modelo decisório que integre cidadania ambiental, participação social e responsabilidade compartilhada entre Estado e sociedade. A cidadania ambiental, ao promover

práticas cotidianas sustentáveis e engajamento político, contribui para transformar normas jurídicas em ações concretas, fortalecendo a democracia ambiental e assegurando que o desenvolvimento tecnológico não se realize em detrimento da dignidade humana e do equilíbrio ecológico (Munhoz Ribeiro; Lima, 2025).

Nesse cenário, a consulta prévia, livre e informada não se apresenta apenas como garantia procedimental dirigida a povos indígenas, mas como expressão concreta da cidadania ambiental e da democracia participativa em contextos de alta complexidade socioambiental. Ao assegurar que comunidades diretamente afetadas possam participar de decisões estatais antes da definição de empreendimentos potencialmente impactantes, o direito à consulta contribui para qualificar o processo decisório, reduzindo assimetrias de poder e ampliando a racionalidade das escolhas públicas.

Tal perspectiva evidencia que a participação social não é elemento acessório da proteção ambiental, mas condição de legitimidade das políticas de desenvolvimento, sobretudo em regiões sensíveis como a Amazônia, onde a ausência de mecanismos institucionais eficazes de consulta e participação tem historicamente favorecido decisões unilaterais e conflitos socioambientais recorrentes (Maior; Ribeiro; Marinho, 2020).

3. Lacunas regulatórias e desafios jurídicos na governança ambiental de empreendimentos tecnológicos

O avanço de empreendimentos tecnológicos de grande porte em regiões ambientalmente sensíveis evidencia um descompasso entre a velocidade da inovação e a capacidade regulatória do Estado.

No caso brasileiro, embora exista um arcabouço normativo ambiental relativamente consolidado, observa-se a ausência de instrumentos jurídicos específicos voltados à regulação de infraestruturas digitais intensivas em energia e recursos naturais, como os *data centers*. Essa lacuna compromete a adequada avaliação dos impactos ambientais cumulativos e dificulta a aplicação efetiva dos princípios constitucionais de proteção ambiental (Milaré, 2022).

A Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 6.938/1981, estrutura-se a partir de instrumentos clássicos de controle, como o licenciamento ambiental e a avaliação de impacto ambiental. Contudo, tais mecanismos foram concebidos, em grande medida, para atividades industriais tradicionais, cujos impactos são mais facilmente identificáveis e espacialmente delimitados. Empreendimentos tecnológicos, por sua vez, apresentam impactos

difusos, indiretos e progressivos, o que desafia os modelos tradicionais de análise e evidencia a necessidade de atualização normativa e interpretativa (Antunes, 2021).

O uso indiscriminado ou desproporcional do princípio da precaução pode gerar efeitos indesejados, como o bloqueio injustificado de inovações potencialmente benéficas à sustentabilidade. Por essa razão, destaca-se a importância de uma aplicação equilibrada e contextualizada do princípio, capaz de avaliar riscos e benefícios de forma racional e transparente (Souza et al., 2025).

No contexto amazônico, essas dificuldades se intensificam. A complexidade ecológica da região, aliada à presença de povos indígenas e comunidades tradicionais, exige padrões decisórios mais rigorosos e participativos. Todavia, a prática administrativa revela que muitos projetos são analisados sob ótica predominantemente tecnocrática, com ênfase em critérios formais de legalidade e eficiência econômica, em detrimento de avaliações socioambientais integradas e de processos decisórios inclusivos (Fearnside, 2016).

A insuficiência regulatória também se manifesta na fragmentação institucional da governança ambiental. A multiplicidade de órgãos competentes, aliada à sobreposição de competências federativas, frequentemente resulta em decisões descoordenadas e em lacunas de responsabilidade. Conforme observa Freitas (2015), a ausência de uma governança ambiental sistêmica enfraquece a efetividade das normas de proteção e amplia o risco de retrocessos ambientais, especialmente em setores marcados por forte pressão econômica.

10

Dessa forma, a articulação entre sustentabilidade digital, inovação verde e princípio da precaução revela-se fundamental para a construção de um modelo de desenvolvimento tecnológico compatível com os limites ecológicos do planeta. A adoção de uma governança preventiva e responsável permite que a inovação contribua para o bem-estar social sem comprometer o direito fundamental das presentes e futuras gerações a um meio ambiente ecologicamente equilibrado (Souza et al., 2025).

Nesse cenário, o princípio da precaução assume papel central como critério orientador da atuação estatal. Diante de incertezas científicas relevantes e da possibilidade de danos graves ou irreversíveis, a precaução impõe ao Poder Público o dever de adotar medidas preventivas, mesmo na ausência de certeza absoluta. Trata-se de princípio amplamente reconhecido no Direito Ambiental contemporâneo e compatível com a tutela constitucional do meio ambiente (Jonas, 2006; Sarlet, 2019).

Entretanto, a aplicação da precaução enfrenta resistências práticas, sobretudo quando confrontada com interesses econômicos associados à inovação tecnológica. A ausência de parâmetros normativos claros favorece interpretações restritivas do princípio, reduzindo-o a enunciado retórico sem efetividade concreta. Tal cenário evidencia a necessidade de aprimoramento dos instrumentos jurídicos e administrativos capazes de operacionalizar a precaução de forma proporcional e fundamentada (Antunes, 2021).

Outro desafio relevante se refere à integração entre participação social e controle ambiental. Embora o ordenamento jurídico brasileiro reconheça o direito à informação e à participação em matéria ambiental, esses mecanismos ainda são aplicados de forma limitada, especialmente em projetos tecnológicos considerados “estratégicos”. Como apontam Munhoz, Ribeiro e Lima (2025), a efetividade da cidadania ambiental depende da criação de espaços institucionais capazes de incorporar as contribuições da sociedade aos processos decisórios, evitando que a participação se reduza a mera formalidade.

No caso de empreendimentos com potencial impacto sobre territórios indígenas, a ausência de regulamentação clara acerca da consulta prévia agrava esse quadro. A falta de procedimentos definidos para compatibilizar o licenciamento ambiental com o direito à consulta prévia, livre e informada gera insegurança jurídica e favorece decisões administrativas fragmentadas, comprometendo a legitimidade democrática das autorizações concedidas (Maior; Ribeiro; Marinho, 2020).

11

Dessa forma, as lacunas regulatórias identificadas não se limitam à inexistência de normas específicas, mas revelam um problema estrutural de governança ambiental. A compatibilização entre inovação tecnológica, proteção ambiental e direitos coletivos exige abordagem integrada, capaz de superar a lógica setorial e incorporar princípios constitucionais, participação social e racionalidade preventiva na tomada de decisões públicas.

Assim, o enfrentamento dos desafios jurídicos associados à expansão de empreendimentos tecnológicos na Amazônia passa necessariamente pela revisão crítica dos instrumentos normativos existentes, pelo fortalecimento da governança ambiental e pela consolidação de mecanismos decisórios transparentes e participativos. Esses elementos são indispensáveis para assegurar que o desenvolvimento tecnológico se realize em conformidade com os limites ecológicos e com os valores constitucionais que orientam o Estado Democrático de Direito.

4. Diretrizes para uma regulação socioambiental da infraestrutura digital na Amazônia

No cenário global, observa-se um movimento de descentralização geográfica dos data centers, com a busca por regiões que ofereçam vantagens estratégicas como custo energético reduzido, estabilidade climática e incentivos econômicos.

Nesse processo, a Região Amazônica passa a ser identificada como espaço potencial para a instalação desses empreendimentos, em razão de sua matriz energética majoritariamente renovável e de políticas públicas voltadas à atração de investimentos tecnológicos. Contudo, a inserção da Amazônia nesse circuito tecnológico global suscita preocupações relevantes quanto à intensificação de pressões sobre ecossistemas ambientalmente sensíveis (Fearnside, 2016).

A Amazônia, enquanto patrimônio ambiental de relevância nacional e internacional, encontra-se constitucionalmente protegida, nos termos do art. 225 da Constituição Federal de 1988, que consagra o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Tal dispositivo impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações, fundamento que orienta toda a política ambiental brasileira e condiciona o exercício da atividade econômica.

Nesse sentido, o desenvolvimento econômico, inclusive aquele baseado em inovação tecnológica, deve observar os limites impostos pela ordem constitucional ambiental. Conforme dispõe o art. 170, inciso VI, da Constituição Federal, a ordem econômica deve ser fundada na defesa do meio ambiente, o que implica a incorporação de critérios de sustentabilidade às atividades produtivas. Autores como Canotilho (2010) e Sarlet (2019) destacam que a proteção ambiental assume caráter transversal, irradiando efeitos sobre todas as esferas da atuação estatal e privada.

A discussão também se insere no debate sobre justiça ambiental e justiça intergeracional, uma vez que os impactos ambientais decorrentes do uso intensivo de recursos naturais tendem a afetar desproporcionalmente populações locais e futuras gerações. Conforme destaca Leff (2015), a racionalidade ambiental exige a superação de modelos econômicos baseados na exploração ilimitada da natureza, promovendo uma reorientação ética e jurídica do desenvolvimento.

A expansão da infraestrutura digital em escala global evidencia que a tecnologia não opera em um vazio normativo ou territorial, mas se insere em contextos ecológicos e sociais concretos. A doutrina crítica sobre sociedade do risco aponta que os avanços tecnológicos

contemporâneos produzem efeitos colaterais frequentemente subestimados, exigindo respostas jurídicas capazes de lidar com incertezas e riscos sistêmicos.

Nesse sentido, empreendimentos tecnológicos devem ser analisados não apenas por seus benefícios econômicos, mas também por seus potenciais impactos socioambientais de longo prazo (Beck, 2011).

O Direito Ambiental contemporâneo, ao incorporar a noção de desenvolvimento sustentável, impõe limites à lógica puramente economicista da inovação. A tutela jurídica do meio ambiente passa a funcionar como mecanismo de racionalização do progresso técnico, exigindo que a atividade econômica se desenvolva dentro de parâmetros ecologicamente aceitáveis. Essa perspectiva reforça a ideia de que a proteção ambiental não constitui obstáculo ao desenvolvimento, mas condição para sua legitimidade jurídica e social (Derani, 2008).

No âmbito do licenciamento ambiental, diversos autores apontam a necessidade de superação de modelos excessivamente formais, que se limitam à verificação documental e à análise fragmentada de impactos.

A avaliação ambiental deve considerar a totalidade dos efeitos da atividade, incluindo impactos indiretos e cumulativos, sobretudo quando se trata de empreendimentos intensivos em energia e recursos naturais. Tal compreensão amplia o alcance do controle ambiental e fortalece sua função preventiva (Sánchez, 2013).

A governança ambiental também demanda atenção especial à dimensão participativa das decisões públicas. A democracia ambiental pressupõe o envolvimento da sociedade nos processos de formulação e controle das políticas ambientais, reconhecendo que a pluralidade de saberes contribui para decisões mais legítimas e eficazes. A participação social, nesse contexto, não é elemento acessório, mas componente estruturante da gestão ambiental contemporânea (Acsehrad, 2010).

Em territórios marcados por elevada sensibilidade socioambiental, como a Amazônia, a ausência de participação efetiva tende a aprofundar desigualdades históricas e conflitos territoriais. Estudos sobre justiça ambiental demonstram que os custos ambientais do desenvolvimento recaem de forma desproporcional sobre populações vulneráveis, enquanto os benefícios se concentram em outros espaços. A incorporação de critérios de justiça ambiental revela-se, portanto, indispensável para uma regulação equilibrada da infraestrutura digital (Bullard, 2005).

Outro elemento relevante diz respeito à responsabilidade intergeracional associada às decisões tecnológicas. A ética da sustentabilidade impõe ao Estado e à sociedade o dever de considerar os efeitos das escolhas presentes sobre as gerações futuras, especialmente quando envolvem riscos ambientais irreversíveis. Essa perspectiva reforça a necessidade de decisões prudentes e fundamentadas, alinhadas à proteção do patrimônio ambiental comum (Birnbacher, 2009).

Por fim, a construção de uma regulação ambiental responsável para a infraestrutura digital na Amazônia exige abordagem integrada, capaz de articular controle jurídico, participação democrática e justiça socioambiental. Ao reconhecer os limites ecológicos e sociais da inovação tecnológica, o Direito reafirma sua função de mediação entre progresso técnico e proteção da vida, contribuindo para a consolidação de um modelo de desenvolvimento compatível com a sustentabilidade e com os valores constitucionais (Sen, 2011).

CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste artigo evidenciou que a expansão dos *data centers*, embora frequentemente associada à ideia de inovação, eficiência e virtualidade, constitui fenômeno profundamente material, dotado de impactos socioambientais relevantes. A desconstrução do mito da imaterialidade digital revelou que a economia da informação depende de infraestruturas físicas intensivas em energia, água e território, o que afasta qualquer pretensão de neutralidade ambiental do avanço tecnológico contemporâneo.

Nesse contexto, a Amazônia surge como espaço estratégico para a instalação de grandes empreendimentos tecnológicos, em razão de sua matriz energética e de políticas de incentivo econômico. Todavia, essa atratividade reforça riscos históricos de reprodução de modelos desenvolvimentistas assimétricos, nos quais os custos ambientais e sociais recaem sobre populações locais e ecossistemas sensíveis, enquanto os benefícios econômicos se concentram em outros territórios. A expansão da infraestrutura digital, portanto, deve ser compreendida como decisão política e jurídica, e não meramente técnica ou mercadológica.

O estudo demonstrou que os impactos dos *data centers* tendem a ser difusos, cumulativos e de longo prazo, especialmente no que se refere ao consumo energético, ao uso intensivo de recursos hídricos e à pressão indireta sobre ecossistemas. Tais características desafiam os instrumentos tradicionais de controle ambiental, concebidos para atividades industriais

clássicas, e evidenciam a necessidade de atualização interpretativa e normativa do licenciamento ambiental, com maior atenção aos efeitos indiretos e sinérgicos dessas atividades.

A ausência de um marco regulatório específico para empreendimentos tecnológicos intensivos em recursos naturais revelou-se um dos principais entraves à governança socioambiental da infraestrutura digital. Essa lacuna normativa favorece decisões fragmentadas, reduz a previsibilidade jurídica e dificulta a aplicação efetiva dos princípios da prevenção e da precaução, abrindo espaço para interpretações excessivamente permissivas em favor de interesses econômicos imediatos.

Nesse cenário, o princípio da precaução assume centralidade como critério orientador da atuação estatal. Longe de representar obstáculo ao progresso científico, a precaução funciona como instrumento de racionalização da inovação, exigindo decisões prudentes diante de incertezas relevantes e do risco de danos graves ou irreversíveis. Sua aplicação equilibrada permite compatibilizar desenvolvimento tecnológico e proteção ambiental, reafirmando a prioridade constitucional do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Outro eixo fundamental identificado foi a importância da participação social qualificada nos processos decisórios. A consulta prévia, livre e informada, especialmente em territórios indígenas e tradicionais, mostrou-se não apenas como garantia procedimental, mas como expressão concreta da cidadania ambiental e da democracia participativa. Decisões tomadas sem participação efetiva tendem a carecer de legitimidade e a ampliar conflitos socioambientais, comprometendo a sustentabilidade dos projetos no longo prazo.

15

A governança ambiental da infraestrutura digital também exige superação da fragmentação institucional. A articulação entre órgãos ambientais, entidades reguladoras, entes federativos e instâncias participativas é condição indispensável para decisões coerentes e eficazes. A ausência de coordenação fragiliza o controle ambiental e amplia o risco de retrocessos, especialmente em setores marcados por elevada complexidade técnica e forte pressão econômica.

Diante dessas constatações, propõe-se, como solução concreta, a construção de um marco regulatório específico para *data centers* e demais infraestruturas digitais intensivas em recursos naturais, com critérios claros para licenciamento ambiental, gestão hídrica, eficiência energética e avaliação de impactos cumulativos. Tal marco deve incorporar expressamente os princípios da precaução, da prevenção, da função socioambiental da atividade econômica e da justiça ambiental.

Além disso, recomenda-se o fortalecimento de mecanismos de transparência e acesso à informação ambiental, bem como a institucionalização de procedimentos participativos efetivos, capazes de integrar as contribuições da sociedade civil e das comunidades afetadas aos processos decisórios. A participação não deve se limitar a formalidades, mas operar como elemento estruturante da governança ambiental.

Por fim, conclui-se que a compatibilização entre inovação tecnológica e preservação da Amazônia depende de uma mudança de paradigma jurídico e político. O desenvolvimento da sociedade da informação somente será legítimo se respeitar os limites ecológicos, os direitos fundamentais e a responsabilidade intergeracional. Ao assumir papel ativo na regulação da infraestrutura digital, o Direito pode contribuir para a construção de um modelo de desenvolvimento tecnológico ambientalmente responsável, socialmente justo e constitucionalmente comprometido com a proteção da vida e do patrimônio ambiental comum.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henri. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento por justiça ambiental. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. 23. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2021.
- BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.
- BIRNBACHER, Dieter. *Responsabilidade pelas gerações futuras*. São Paulo: Loyola, 2009.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2 set. 1981.
- BULLARD, Robert D. *The quest for environmental justice: human rights and the politics of pollution*. San Francisco: Sierra Club Books, 2005.
- CANOTILHO, José Joaquim Gomes. *Direito constitucional e teoria da Constituição*. 7. ed. Coimbra: Almedina, 2010.
- CARVALHO, Jefferson L. Cadeia de custódia e sua relevância na persecução penal. *Brazilian Journal of Forensic Sciences*, 2016.
- CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede*. 6. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2010. v. 1.
- COOK, Gary et al. *Clicking clean: who is winning the race to build a green internet?* Washington: Greenpeace, 2019.

- DERANI, Cristiane. Direito ambiental econômico. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.
- FEARNSIDE, Philip M. Desenvolvimento na Amazônia: impactos ambientais e sociais. Manaus: EDUA, 2016.
- FEITOSA, Diego André et al. Investigação e preservação do local do crime como fundamentos da responsabilização penal do investigado e seu alinhamento constitucional. *Revista Jurídica*, v. 18, n. 1, 2025.
- FREITAS, Juarez. Sustentabilidade: o direito ao futuro. São Paulo: Fórum, 2015.
- GAGLIANO, Pablo Stolze; PAMPLONA FILHO, Rodolfo. Novo curso de direito civil: parte geral. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2020.
- HOGAN, Mélanie; SHEPHERD, Tamara. Information, power, and energy: data centers as infrastructures of the digital economy. *First Monday*, v. 22, n. 5, 2017.
- JONAS, Hans. O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2006.
- JONES, Nicola. How to stop data centres from gobbling up the world's electricity. *Nature*, v. 561, n. 7722, 2018.
- LEFF, Enrique. Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.
- MAIOR, Nicole Rabelo Souto; RIBEIRO, Gláucia Maria de Araújo; MARINHO, Vânia Maria do Perpétuo Socorro Marques. O direito à consulta dos povos indígenas enquanto instrumento efetivador da dignidade da pessoa humana. *Revista de Estudos Jurídicos do Superior Tribunal de Justiça*, v. 22, n. 83, p. 478-501, 2020.
- MILARÉ, Édís. Direito do ambiente. 12. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2022.
- MILLER, Rich. Water use in data centers: a growing sustainability challenge. *Data Center Frontier*, 2020.
- MUNHOZ, Ana Vilma Santana; RIBEIRO, Gláucia Maria de Araújo; LIMA, Neuton Alves de. A cidadania ambiental como fundamento para consolidação do Estado democrático. *Revista Jurídica Cesumar*, v. 25, e14005, 2025. DOI: 10.17765/2176-9184.2025v25.e14005.
- PEDROSA, Simon F. Investigação defensiva. *Revista Brasileira de Ciências Criminais*, 2020.
- SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SARLET, Ingo Wolfgang. A eficácia dos direitos fundamentais. 14. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2019.
- SEN, Amartya. Desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

SOUZA, Alcian Pereira de et al. Inovação verde e sustentabilidade digital: aplicação do princípio da precaução frente aos riscos invisíveis das tecnologias emergentes. Revista DCS, v. 22, n. 83, p. 1-18, 2025. DOI: 10.54899/dcs.v22i83.3650.