



PROPRIEDADE INTELECTUAL NA ECOLOGIA DIGITAL: ENTRE O CÓDIGO DA VIDA E O ALGORITMO DO CAPITAL

MARIA DOS PRAZERES COSTA SANTOS¹; CAMILA TORRES SANTOS²
ANTONIO MARTINS DE OLIVEIRA JÚNIOR³; VALDIR SILVA DA
CONCEIÇÃO⁴; JOSÉ DA SILVA RABELO NETO⁵

RESUMO: Entre a lógica do acúmulo e a urgência do comum, a ecologia digital transforma a propriedade intelectual (PI) de um simples dispositivo de apropriação para se converter no epicentro de um debate ontológico: quem controla o código, controla a narrativa do futuro. Este trabalho investiga como a interface academia–indústria–governo pode transitar da transferência tecnológica para pactos ecológicos digitais, onde dados, algoritmos e biotecnologias convergem para regenerar ecossistemas e reconstruir pactos sociais. A pesquisa articula um estudo exploratório de casos internacionais de plataformas digitais ambientais e *biohacks* de código aberto, mapeando tensões entre regimes tradicionais de PI e modelos de licenciamento ecológico. Os resultados indicam que a PI, quando ressignificada como infraestrutura de cooperação, pode transformar o digital em um bioma de inovação sustentável — desde que rompidas as arquiteturas que hoje favorecem o monopólio sobre a colaboração. Conclui-se que a ecologia digital demanda novas arquiteturas normativas, análogas a ecossistemas, onde o valor não seja estocado, mas circulado.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação Sustentável. Licenciamento Aberto. Governança Algorítmica.

INTELLECTUAL PROPERTY IN THE DIGITAL ECOLOGY: BETWEEN THE CODE OF LIFE AND THE ALGORITHM OF CAPITAL

ABSTRACT: *Between the logic of accumulation and the urgency of the commons, digital ecology transforms intellectual property (IP) from a mere device of appropriation into the epicenter of an ontological debate: whoever controls the code controls the narrative of the future. This work investigates how the academia–industry–government interface can shift from mere technology transfer to digital ecological pacts, where data, algorithms, and biotechnologies converge to regenerate ecosystems and rebuild social agreements. The research articulates an exploratory study of international cases of environmental digital*

¹ Doutoranda em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-2812-975X. E-mail: mariadpcs81@gmail.com.

² Bacharel em Relações Internacionais (DRI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0009-0008-1517-9644. E-mail: camila.torresaju@gmail.com.

³ Doutor em Engenharia Química (COPPE/UFRJ), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-8635-7048. E-mail: amartins@academico.ufs.br.

⁴ Doutorando em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-4199-5521. E-mail: valdirconceicao@gmail.com.

⁵ Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (UFSC), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-9769-5675. E-mail: jsrabeloneto@gmail.com.



platforms and open-source biohacks, mapping tensions between traditional IP regimes and ecological licensing models. The results indicate that IP, when re-signified as a cooperation infrastructure, can transform the digital into a biome of sustainable innovation—provided that the architectures currently favoring monopoly over collaboration are dismantled. It is concluded that digital ecology demands new normative architectures, analogous to ecosystems, where value is not stored but circulated.

KEYWORDS: Sustainable Innovation. Open Licensing. Algorithmic Governance.

INTRODUÇÃO

A história recente da Propriedade Intelectual (PI) insiste em medir vitalidade pela raridade, e não pela abundância. Em um mundo digital definido pela promessa de abundância e conexão, esse paradigma enfrenta sua crise mais profunda. No entrecruzar de linhas de código, nasce o que aqui denominamos ecologia digital: a convergência entre infraestruturas digitais e processos ecológicos para fins de restauração ambiental e justiça socioeconômica. A interface indústria–governo, historicamente moldada para acelerar ciclos de patenteamento e comercialização, enfrenta agora o desafio paradoxal de proteger a natureza permitindo que ela circule. A hipótese que orienta este estudo é que a PI, sob novos regimes de governança algorítmica e licenciamento aberto, pode servir como vetor de inovação sustentável, desde que reprogramada para operar sob princípios ecológicos, e não apenas mercadológicos. Evidências recentes mostram que IA e *big data* já ampliam capacidades de monitoramento e conservação da biodiversidade, mas exigem modelos de governança de dados e código que assegurem integridade, transparência e reuso, tensionando arranjos tradicionais de PI (Hamza; Pradana, 2022).

A literatura sobre inovação sustentável e tecnologias emergentes raramente aborda a Propriedade Intelectual (PI) no contexto da ecologia digital. Embora a “governança dos bens comuns” de Elinor Ostrom (1990) e a “produção social baseada nos comuns” de Yochai Benkler (2006) tenham explorado como a colaboração em rede pode superar modelos centralizados na resolução de problemas complexos, a aplicação desses conceitos aos biomas digitais e às tecnologias ambientais carece de sistematização. Estudos recentes começam a explorar esse território. Linåker e Runeson (2022), por exemplo, aplicam os princípios de Ostrom a ecossistemas de dados abertos, enquanto Jee et al. (2024) questionam a eficácia das patentes na transferência de tecnologia climática, sugerindo modelos híbridos. Contudo, um novo vetor de



cercamento intensifica o desafio: a ascensão da governança algorítmica. Como alertaram Lawrence Lessig (1999), com sua máxima "o código é a lei", e Shoshana Zuboff (2019), com sua teoria do "capitalismo de vigilância", o poder não reside mais apenas no texto da lei, mas na arquitetura do código que coleta, processa e monetiza dados. No campo ambiental, isso se manifesta em plataformas de rastreamento de carbono, sensores de *IoT* (dispositivos utilizados para detectar características do ambiente) e aplicativos de agricultura de precisão que, mesmo sob um verniz de sustentabilidade, podem operar sob lógicas extrativistas de dados, configurando um "capitalismo de vigilância ecológico".

O debate, portanto, desloca-se de uma simples oposição entre "aberto" e "fechado" para uma questão mais fundamental de governança: é possível conceber um regime jurídico-tecnológico que proteja a integridade de um ecossistema de inovação como se protege um rio? O debate filosófico aqui se ancora no deslocamento da PI de instrumento de escassez para ecologia de abundância, questionando se é possível um regime jurídico que proteja a integridade de um algoritmo (Benkler, 2002).

Este trabalho tem como objetivo geral analisar como a Propriedade Intelectual pode ser ressignificada para operar como uma infraestrutura de cooperação dentro da ecologia digital. Para tanto, busca-se atingir os seguintes objetivos específicos: (i) mapear as tensões estruturais entre a lógica extrativa dos regimes tradicionais de PI e a lógica regenerativa de modelos emergentes de licenciamento aberto e governança baseada nos comuns; e (ii) examinar casos de plataformas ambientais digitais, identificando arranjos normativos e tecnológicos capazes de promover uma inovação genuinamente sustentável, movendo o foco para além da proteção da invenção, rumo a governança dos ecossistemas.

MÉTODOS

O estudo foi conduzido sob uma abordagem qualitativa (Creswell; Creswell, 2021), materializada em um estudo de casos múltiplos com finalidade exploratória (Yin, 2018). O percurso metodológico foi operacionalizado em duas fases sequenciais. A primeira consistiu no mapeamento do campo de disputa e na seleção de casos emblemáticos. Realizou-se uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas (*Scopus*, *Web of Science*), repositórios de projetos de código aberto (e.g., GitHub) e plataformas de inovação ambiental. Foram utilizados descritores como "digital ecology", "environmental data platforms", "open-source biohacking",



"ecological licensing" e "green patents". A seleção visou identificar iniciativas que funcionassem como arquétipos das lógicas em tensão, obedecendo aos seguintes critérios de inclusão: (a) apresentar um modelo operacional na intersecção entre tecnologia digital e objetivos ecológicos; (b) possuir um regime de PI ou de governança de dados explícito, tornando sua lógica de valor passível de análise; e (c) dispor de documentação pública que permitisse uma análise aprofundada de sua arquitetura e impacto. A segunda fase centrou-se na análise aprofundada dos casos selecionados. Por meio da análise documental (Bowen, 2009), foram examinados os artefatos jurídicos, técnicos e organizacionais de cada iniciativa — como termos de licença, arquitetura de contratos inteligentes, estatutos de governança e *white papers*. Os dados extraídos foram codificados e categorizados a partir de um quadro desenvolvido para este estudo. Este quadro, inspirado na teoria da governança dos bens comuns (Ostrom, 1990) e na crítica ao capitalismo de vigilância (Zuboff, 2019), foi projetado para operacionalizar a hipótese central. Ele permitiu identificar sistematicamente como as diferentes dimensões de cada caso (tecnológica, jurídica, econômica, política) promovem ou o cercamento e a extração de valor, ou a circulação e a regeneração de conhecimento ecológico, conforme detalhado nos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa das iniciativas mapeadas revela um campo de experimentação normativa e tecnológica onde diferentes futuros para a ecologia digital estão em disputa. Mais do que uma simples diversidade de abordagens, os casos estudados expõem um conflito fundamental entre duas lógicas de criação e distribuição de valor, aparentemente irreconciliáveis, que definem as novas fronteiras da governança ambiental no Antropoceno digital. De um lado, emerge uma lógica extrativa, herdeira do processo histórico de cercamento dos comuns, que busca converter dados, informações e conhecimentos ecológicos em ativos proprietários, passíveis de monetização. Este modelo tende a concentrar poder e valor em corporações e plataformas centralizadas, replicando no domínio digital as dinâmicas de acumulação que caracterizam a economia política convencional. Do outro lado, manifesta-se uma lógica regenerativa, fundamentada nos princípios dos bens comuns (*commons*), que promove a livre circulação do conhecimento e a cocriação de valor com o objetivo de fortalecer a resiliência e o florescimento de sistemas socioecológicos inteiros.



Este antagonismo não é meramente teórico; ele se materializa em escolhas concretas sobre regimes jurídicos, arquiteturas tecnológicas, modelos de negócio, práticas culturais e arranjos políticos, como sintetizado adiante. As iniciativas apresentadas no Quadro 1 servem como arquétipos desses modelos em disputa, cada uma encapsulando uma visão distinta sobre como a tecnologia deve mediar a relação entre sociedade e natureza.

Esta seção discute os resultados da pesquisa a partir de três eixos analíticos interconectados que aprofundam essa contradição central. Primeiramente, examina-se a tensão estrutural entre o cercamento e a circulação do conhecimento ecológico, contrastando modelos de negócio baseados na exclusão com ecossistemas de inovação aberta. Em segundo lugar, explora-se o surgimento de inovações normativas e modelos de governança híbrida que tentam navegar ou transcender essa dicotomia, ressignificando a propriedade intelectual para fins coletivos. Por fim, analisa-se a centralidade do código e dos algoritmos como os novos territórios de soberania e disputa, onde as lógicas de controle e emancipação se confrontam de maneira mais aguda. Através desta análise, argumenta-se que a transição para uma ecologia digital justa e sustentável exige um deslocamento paradigmático: da proteção da invenção individual para a governança do ecossistema de inovação coletivo.

Quadro 1: Exemplo de iniciativas de ecologia digital e regimes de PI aplicados

Iniciativa e Modelo de Governança	Tecnologia Utilizada	Regime de PI	Impacto Ambiental
<i>CarbonChain</i> - Empresa de tecnologia com fins lucrativos, modelo B2B (Business-to-Business).	Plataforma de <i>software</i> (SaaS) com Inteligência Artificial para contabilidade de carbono e análise de dados da cadeia de suprimentos.	<i>Software</i> proprietário (SaaS)	Cálculo e rastreamento de emissões de carbono (Escopo 1, 2 e 3) em cadeias de suprimentos para apoiar a descarbonização e conformidade com relatórios ESG.
<i>OpenForests Map</i> - Empresa de tecnologia social (B2B).	Plataforma online (<i>explorer.land</i>) que utiliza mapeamento geoespacial (GIS), imagens de satélite e drones para monitoramento de projetos.	<i>Software</i> proprietário; os dados dos projetos podem ser publicados sob licenças abertas (e.g., <i>Creative Commons</i>) a critério do usuário.	Monitoramento, verificação e relato (MRV) de projetos de reflorestamento e restauração de ecossistemas, buscando aumentar a transparência e a confiança para financiadores.
<i>KlimaDAO</i> - Organização autônoma descentralizada.	<i>Blockchain</i> e contratos inteligentes	Protocolo de código aberto e governança via <i>tokens</i>	Aumento da liquidez e a transparência do mercado de carbono.
<i>Public Lab</i> - Organização não governamental (ONG)	<i>Hardware</i> e <i>software</i> de código aberto, ferramentas DIY ("faça-você-mesmo") de baixo custo para	Licenças de código aberto e <i>hardware</i> aberto (GPL, <i>Creative Commons</i> , etc.), garantindo o direito de	Capacitação de comunidades para coletar e analisar dados sobre questões ambientais locais



	monitoramento ambiental	modificar e compartilhar.	(e.g., qualidade do ar e da água, poluição industrial), promovendo a ciência cidadã.
<i>Digital Green</i> - Organização de desenvolvimento global sem fins lucrativos.	Plataforma digital que utiliza vídeos produzidos localmente e análise de <i>Big Data</i> e IA para personalizar a disseminação de informações.	Modelo híbrido: o conteúdo é aberto e de livre acesso, mas a plataforma de IA que analisa os dados dos usuários é proprietária.	Disseminação de práticas agrícolas sustentáveis e de saúde para comunidades rurais, visando aumentar a produtividade e a resiliência de forma escalável.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A contradição mais evidente que surge do mapeamento é o embate entre regimes de propriedade intelectual (PI) que promovem a exclusão e a necessidade de ampla circulação de conhecimento para fomentar a inovação ecológica. Esta tensão manifesta-se em múltiplas dimensões, desde a jurídica até a econômica, e define os contornos do campo de possibilidades para a ecologia digital.

Iniciativas como a *CarbonChain* (Quadro 1) exemplificam a lógica do cercamento aplicada ao domínio ambiental. Ao utilizar software proprietário (*SaaS*) e inteligência artificial para rastrear emissões em cadeias de suprimentos, a empresa constrói um modelo de negócio baseado no controle exclusivo sobre sua tecnologia e os dados que processa. Esta abordagem representa uma instância do que James Boyle (2008) denominou "o segundo movimento de cercamento", ou o "cercamento dos comuns da mente", onde o conhecimento e a informação, bens por natureza não rivais, são artificialmente tornados escassos e excludentes através de aparatos legais como patentes e direitos autorais.

A justificativa predominante para tais modelos proprietários reside na suposta eficiência em acelerar a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) e em atrair capital de investimento, prometendo um retorno claro através da monetização da PI. O modelo da *CarbonChain*, por exemplo, responde diretamente a uma demanda crescente de investidores e reguladores por contabilidade de carbono e relatórios *ESG* (*Environmental, Social, and Governance*), posicionando-se como uma solução comercialmente viável para um problema de conformidade. No entanto, esta concepção de eficiência é perigosamente restrita. Uma análise a partir da perspectiva da "governança ambiental da informação" revela que regimes de PI estritamente proprietários geram significativos "custos de exclusividade". Estes custos, análogos às externalidades negativas na economia ambiental, incluem a criação de barreiras de acesso a dados e metodologias cruciais, o sufocamento da inovação que poderia ocorrer fora do ecossistema proprietário e o reforço de assimetrias de informação que dificultam a fiscalização



pública e a responsabilização corporativa. Os algoritmos e as bases de dados da *CarbonChain* operam como uma "caixa-preta", o que impede a validação científica independente e a confiança pública, um desafio central no campo do monitoramento ambiental.

Desta forma, a aparente eficiência do modelo proprietário revela-se uma ilusão quando analisada a partir de uma perspectiva sistêmica. O que é eficiente para a empresa individual — a captura de valor através da exclusão — torna-se profundamente ineficiente para o ecossistema socioecológico como um todo. Ao criar silos de dados e limitar a interoperabilidade, este modelo impede o desenvolvimento da inteligência coletiva necessária para enfrentar desafios complexos e multifacetados como a crise climática. A eficiência da parte é alcançada ao custo da resiliência e da capacidade adaptativa do todo, uma vez que as externalidades negativas (os custos de exclusividade) são impostas ao restante da sociedade e ao ecossistema de inovação.

Em contraposição direta à lógica do cercamento, iniciativas como a *OpenForests Map* (Licença *CC-BY-SA*) e a *Digital Green* (Conteúdo Aberto) operam sob uma lógica de abundância. Ao adotarem licenciamentos abertos, estas plataformas não apenas disponibilizam seus dados e ferramentas, mas ativamente fomentam ecossistemas de inovação colaborativa. Esta abordagem materializa a teoria da "produção social baseada nos comuns" (*commons-based peer production - CBPP*), desenvolvida por Yochai Benkler. Benkler argumenta que, para certos tipos de produção, especialmente de informação e conhecimento, redes descentralizadas de indivíduos motivados por fatores intrínsecos e sociais podem ser mais eficientes e resilientes do que modelos hierárquicos baseados no mercado ou no Estado.

A *OpenForests Map*, ao utilizar sensoriamento remoto e *GIS* aberto para monitorar a restauração de florestas, cria uma plataforma de ciência cidadã onde o valor dos dados aumenta à medida que mais pessoas os utilizam, validam e enriquecem. Similarmente, a *Digital Green*, ao disseminar vídeos de práticas agrícolas sustentáveis como conteúdo aberto, acelera a aprendizagem coletiva entre agricultores no Sul Global. Estes casos demonstram o potencial da *CBPP* para promover tanto a sustentabilidade social quanto a ambiental, empoderando comunidades locais e permitindo a adaptação de soluções a contextos específicos.

Contudo, a aparente superioridade do modelo dos comuns para a resolução de problemas ecológicos complexos colide com um paradoxo fundamental: a sua própria sustentabilidade econômica e material. A teoria de Benkler concentra-se, em grande parte, na produção de bens imateriais (código, informação, cultura) no ambiente digital. No entanto, a ação ambiental exige intervenção material — sensores de campo, trabalho de restauração, infraestrutura física — e



recursos financeiros para sustentar as pessoas e as organizações envolvidas. Críticos da obra de Benkler apontam precisamente para esta "lacuna" entre a produção nos comuns digitais e a reprodução no mundo material. Iniciativas como a *OpenForests Map* e a *Public Lab* enfrentam o desafio constante de como se financiar sem recorrer à lógica extrativa do cercamento. Elas frequentemente dependem de subsídios, doações, trabalho voluntário ou de modelos "hospedados por empresas" (*firm-hosted*), que correm o risco de cooptação e de alinhamento com interesses corporativos que podem contradizer sua missão original. Esta vulnerabilidade estrutural revela que, embora os comuns possam oferecer um caminho mais justo e eficaz, sua existência permanece precária e muitas vezes dependente das mesmas estruturas capitalistas às quais buscam oferecer uma alternativa.

Entre os polos do cercamento proprietário e da circulação aberta, surgem modelos híbridos que buscam transcender essa oposição. Estas iniciativas não rejeitam a propriedade intelectual, mas a ressignificam, utilizando seus mecanismos legais para construir e proteger infraestruturas de conhecimento compartilhado. Elas representam inovações normativas que apontam para uma concepção da propriedade alinhada à responsabilidade ecológica e social.

A comunidade *Public Lab* (Quadro 1) é um exemplo desta abordagem. Ao desenvolver hardware e software de código aberto para monitoramento ambiental comunitário, utilizando licenças como a GPL (*General Public License*) e *Creative Commons*, a *Public Lab* realiza uma espécie de "rearranjo jurídico". Ela se apropria das ferramentas do direito de propriedade — as licenças — para subverter seu propósito tradicional de exclusão. Em vez de restringir o acesso, estas licenças garantem legalmente as liberdades de usar, estudar, modificar e compartilhar as tecnologias, sob a condição de que quaisquer melhorias retornem ao comum (*copyleft*).

Esta prática está no cerne do movimento de *Hardware Científico Aberto* (*Open Science Hardware - OSch*), que vai muito além da simples criação de ferramentas de baixo custo. O valor do *OSch* reside na sua capacidade de construir confiança, transparência e soberania comunitária sobre toda a "cadeia de ferramentas" da produção de conhecimento — desde o *design* do sensor e a calibração do equipamento até a coleta, análise e interpretação dos dados. Ao abrir a "caixa-preta" dos instrumentos científicos, projetos como o *Public Lab* capacitam as comunidades a gerar seus próprios dados, desafiar narrativas oficiais sobre poluição e participar de forma mais efetiva na governança ambiental.

Apesar do seu potencial transformador, a abertura promovida por estes projetos é inerentemente incompleta. Mesmo os mais exemplares projetos de hardware aberto operam



dentro de um ecossistema tecnológico que é, em grande parte, proprietário. Os microcontroladores, os sensores específicos e os chips de comunicação que compõem um dispositivo do *Public Lab* são, em sua maioria, produtos de empresas que operam sob lógicas de PI estritas. Além disso, os dados gerados e compartilhados por estas comunidades trafegam pela internet, uma infraestrutura cada vez mais controlada por um oligopólio de gigantes da tecnologia. Isso cria uma realidade híbrida e paradoxal: o comum depende de sistemas fechados para existir e funcionar. Enquanto o *design* da ferramenta é aberto, as camadas materiais e infraestruturais que a viabilizam permanecem cercadas, expondo os limites da inovação de base dentro de uma paisagem marcada por monopólios tecnológicos.

No extremo da experimentação com governança, a *KlimaDAO* representa uma tentativa de utilizar *blockchain* e contratos inteligentes para criar um mercado de carbono mais transparente, líquido e descentralizado. A promessa subjacente a esta e outras Organizações Autônomas Descentralizadas (DAOs) aplicadas à governança ambiental é a de superar as falhas das instituições tradicionais através da automação, da imutabilidade dos registros e da distribuição do poder decisório entre os *stakeholders*.

No entanto, uma análise crítica da *KlimaDAO* revela uma série de paradoxos que desconstroem sistematicamente essa promessa tecno-otimista. Em primeiro lugar, o modelo tem sido criticado por sua ineficiência econômica e extrema volatilidade. A complexa arquitetura de tokenização, *staking* e *bonding* funciona mais como um veículo para especulação financeira do que como um mecanismo estável de governança climática, com custos de transação significativos e flutuações de preço que minam sua credibilidade como reserva de valor para o carbono. Em segundo lugar, o ideal de descentralização é frequentemente comprometido na prática. A governança em DAOs é vulnerável à concentração de poder em "baleias" (grandes detentores de *tokens*), e a equipe central da *KlimaDAO* retém controle significativo sobre o código do protocolo e o acesso ao tesouro, um desafio comum que recria hierarquias dentro de sistemas supostamente planos. Em terceiro lugar, a promessa de transparência é paradoxalmente minada pela *pseudo*-anonimidade da equipe de desenvolvimento, o que cria um grave *déficit* de responsabilização (*accountability*), um anátema para uma organização que se propõe a auditar o opaco mercado de carbono. Por fim, a dependência de infraestruturas de *blockchain* com alto consumo energético (embora haja transições para modelos mais eficientes) gera uma contradição direta com a missão ambiental da organização.



Essas contradições apontam para uma questão mais profunda: a governança algorítmica como um fetiche. O apelo de soluções como a *KlimaDAO* reside em uma crença tecnosolucionista de que problemas sociais e políticos complexos — como a alocação de recursos, a gestão de riscos e a deliberação sobre o bem comum — podem ser resolvidos através de código automatizado e "sem confiança". Esta visão fetichiza a tecnologia, tratando-a como uma força neutra e objetiva capaz de expurgar a política de seus elementos "ineficientes", como o conflito e a negociação. No entanto, a tecnologia não elimina a política; ela apenas a desloca para a arquitetura do código, para o *design* dos incentivos econômicos e para a distribuição inicial de poder (*tokens*). Os problemas clássicos da governança — concentração de poder, captura por interesses especiais, fragilidade institucional e falta de legitimidade democrática — reemergem em novas formas, ofuscados por uma camada de complexidade técnica. A crença de que o código pode substituir a deliberação e o julgamento humano representa uma perigosa forma de despolitização, uma crítica central aos modelos de governança algorítmica que não incorporam mecanismos robustos de participação e contestação.

A análise das tensões entre modelos proprietários, abertos e híbridos revela que o território final de disputa na ecologia digital é o próprio código — os algoritmos que coletam, processam, interpretam e agem com base em dados ambientais. A eficácia e o impacto político de qualquer iniciativa dependem, em última instância, de quem projeta, controla e audita essas infraestruturas computacionais.

A plataforma *Digital Green* serve como um estudo de caso para esta dinâmica. Embora seu conteúdo seja aberto, sua verdadeira força reside na plataforma proprietária de *Big Data* e Inteligência Artificial que analisa o comportamento do usuário para personalizar e recomendar conteúdo. Esta arquitetura, embora projetada com intenções benevolentes, espelha a lógica fundamental do que Shoshana Zuboff denominou "capitalismo de vigilância". Neste modelo, as experiências humanas são convertidas em dados comportamentais. Uma parte desses dados é usada para melhorar o serviço, mas o restante constitui um "excedente comportamental". Este excedente é a matéria-prima para a fabricação de "produtos de predição", que antecipam o que o usuário fará agora, em breve e mais tarde. Finalmente, esses produtos de predição são negociados em um novo tipo de mercado, os "mercados de futuros comportamentais".

Aplicando este arcabouço à *Digital Green*, os agricultores fornecem um excedente comportamental (dados sobre quais vídeos assistem, por quanto tempo, quais perguntas fazem,



dados de geolocalização, etc.) em troca de um serviço "gratuito". Este excedente é então utilizado pela plataforma para refinar seus algoritmos de recomendação, que são, em essência, produtos de predição projetados para modificar o comportamento dos agricultores em escala, incentivando a adoção de certas práticas. Isso cria uma nova e profunda assimetria de poder e conhecimento: a plataforma sabe tudo sobre os agricultores, mas os agricultores não sabem quase nada sobre o funcionamento da plataforma. Esta dinâmica levanta questões críticas sobre soberania de dados, privacidade e o potencial para novas formas de dependência e controle, que podem replicar lógicas extrativistas e coloniais sob um novo verniz tecnológico.

Esta crítica se aprofunda quando integrada a perspectivas decoloniais. À luz das "epistemologias do Sul" de Boaventura de Sousa Santos e dos "Designs for the Pluriverse" de Arturo Escobar, é preciso questionar se a simples integração de saberes locais em plataformas tecnológicas projetadas no Norte Global é suficiente para alcançar a justiça epistêmica. Santos adverte contra o "extrativismo epistêmico", no qual conhecimentos subalternos são apropriados e validados apenas na medida em que se encaixam nos paradigmas da ciência ocidental. Escobar, por sua vez, defende o design de tecnologias que emergem das ontologias e cosmologias locais, em vez da imposição de uma solução tecnológica universal.

A partir dessas perspectivas, a verdadeira co-criação na era digital exige um passo além da mera participação na criação de conteúdo. Uma plataforma como a *Digital Green*, mesmo com conteúdo aberto, ainda centraliza o poder de interpretação e predição em sua IA proprietária. Os saberes locais, nesse modelo, correm o risco de serem tratados como matéria-prima para um aparato tecnológico centralizado, cuja lógica interna permanece opaca e controlada por outros. A transição para "ecologias de saberes" genuínas, portanto, demanda um deslocamento da participação para a soberania. Isso implica o que poderia ser chamado de "soberania algorítmica": o direito e a capacidade das comunidades de projetar, possuir, controlar e auditar os sistemas de código que medeiam suas vidas e seus ambientes. Alcançar este objetivo requer a implementação de modelos de governança algorítmica que sejam genuinamente participativos, contestáveis e auditáveis, garantindo que a tecnologia sirva à autonomia da comunidade, e não à sua instrumentalização.

A análise das iniciativas de ecologia digital revela um campo atravessado por tensões profundas, mas também repleto de oportunidades regenerativas. O Quadro 2 sintetiza este cenário de disputa, organizando as tensões extrativas e as oportunidades regenerativas identificadas ao longo de cinco dimensões interconectadas: jurídica, tecnológica, econômica,



cultural e política. Cada dimensão representa uma arena onde se confrontam as lógicas de cercamento e de circulação, de extração e de regeneração de valor.

Quadro 2: Dimensões da disputa na ecologia digital: tensões extrativas e oportunidades regenerativas

Dimensão	Tensões Observadas	Oportunidades Identificadas
Jurídica	Rigidez de patentes e do licenciamento proprietário que limitam o acesso a tecnologias ambientais (e.g., biotecnologia).	Uso estratégico de licenças abertas (e.g., <i>Creative Commons</i> , <i>GPL</i>) para criar ecossistemas de inovação compartilhada e garantir a circulação do conhecimento.
Tecnológica	Dependência de plataformas centralizadas e de "caixa-preta" para a gestão de dados e recursos ambientais.	Desenvolvimento de infraestruturas abertas, descentralizadas e interoperáveis (e.g., <i>blockchain</i> , <i>hardware</i> aberto) que aumentam a transparência e a resiliência.
Econômica	Modelos de negócio focados na monetização exclusiva e na extração de valor de dados e tecnologias verdes.	Fomento a modelos de sustentabilidade baseados nos "comuns" (<i>commons</i>), na economia circular e na regeneração de valor para a comunidade e o ecossistema.
Cultural	Distanciamento e desconfiança entre o conhecimento técnico-científico das instituições de P&D e os saberes e necessidades das comunidades locais.	Processos de co-criação e ciência cidadã que integram diferentes formas de conhecimento para gerar soluções mais adaptadas e legítimas.
Política	Concentração de poder em corporações (via PI) e em detentores de infraestruturas de código (via algoritmos), gerando novas formas de dependência.	Emergência de novos modelos de governança distribuída (e.g., DAOs) e da exigência por uma governança algorítmica participativa e auditável.

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

A rigidez jurídica das patentes e a dependência de plataformas proprietárias criam barreiras sistêmicas ao progresso ecológico coletivo. Em contrapartida, o uso estratégico de licenças abertas, o desenvolvimento de infraestruturas interoperáveis e o fomento a processos de co-criação com saberes locais e tradicionais apontam para um caminho alternativo promissor. Este caminho implica uma ressignificação fundamental do propósito da propriedade intelectual.

O argumento central desta análise é que a governança da transição socioecológica na era digital exige um deslocamento paradigmático: da proteção da invenção para a governança do ecossistema de inovação. O foco tradicional da PI, centrado em proteger o produto final de um processo criativo (a invenção, o software, o conteúdo) para garantir um retorno ao inventor, mostra-se inadequado e muitas vezes contraproducente para lidar com problemas sistêmicos e complexos como a mudança climática e a perda de biodiversidade. A proteção excessiva da invenção individual leva ao cercamento do conhecimento, à fragmentação dos esforços e à inibição da inteligência coletiva.

A alternativa é conceber a PI e outros mecanismos regulatórios como ferramentas para



projetar e nutrir ecossistemas de inovação saudáveis, resilientes e justos. A questão central deixa de ser "Como proteger esta invenção?" e passa a ser "Quais regras, normas e infraestruturas fomentarão a colaboração, a aprendizagem e a geração de valor compartilhado neste ecossistema?". Esta abordagem alinha-se com os princípios da economia circular, conforme articulados por Walter Stahel. Assim como a economia circular busca fechar os ciclos de materiais para eliminar o desperdício e regenerar os sistemas naturais, uma "economia circular do conhecimento" buscaria garantir que o valor gerado pelo ecossistema de inovação seja continuamente reinvestido para nutrir e expandir os comuns de conhecimento, em vez de ser extraído e acumulado por poucos atores. A propriedade intelectual, nesse novo paradigma, não é um fim em si mesma, mas um instrumento flexível a ser mobilizado para garantir que o conhecimento ecológico circule, se regenere e contribua para o florescimento coletivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se a lógica extrativa da era industrial gerou o monopólio da informação, a crise ecológica na era digital exige a democratização do código. Este estudo demonstrou que a ecologia digital é um campo de batalha entre o cercamento proprietário, que aprofunda o capitalismo de vigilância, e a circulação regenerativa, que fomenta os comuns do conhecimento.

A superação deste conflito não reside na abolição da PI, mas na sua ressignificação: de uma cerca que protege invenções isoladas para uma ponte que conecta e nutre ecossistemas de inovação. Propõe-se, portanto, um redesenho jurídico-tecnológico da PI, no qual licenças, patentes e direitos autorais deixam de ser instrumentos de escassez para se tornarem ferramentas de governança ecológica. Tratados como espécies interdependentes de um mesmo ecossistema normativo, eles podem ser mobilizados para sustentar não apenas a inovação e os mercados, mas a própria resiliência dos sistemas socioecológicos.

Essa transição, contudo, exige mais do que novas cláusulas em licenças; ela demanda a construção de infraestruturas que incorporem princípios democráticos em seu próprio *design*. Sem a camada de governança participativa, mesmo as iniciativas mais bem-intencionadas correm o risco de replicar lógicas extrativistas, transformando saberes locais em matéria-prima para "caixas-pretas" tecnológicas. A democratização do código é, em última análise, uma condição para a regeneração da vida.



AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Apoio Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (Fapitec).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENKLER, Y. **The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom**. New Haven: Yale University Press, 2006.

BENKLER, Y. Coase's Penguin, or, Linux and The Nature of the Firm. **The Yale Law Journal**, [S. l.], v. 112, n. 3, p. 369-446, 2002.

BOWEN, G. A. Document analysis as a qualitative research method. **Qualitative Research Journal**, v. 9, n. 2, p. 27-40, 2009.

BOYLE, J. **The Public Domain: Enclosing the Commons of the Mind**. New Haven: Yale University Press, 2008.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

DE SOUSA SANTOS, Boaventura. **The End of the Cognitive Empire: The Coming of Age of Epistemologies of the South**. Durham: Duke University Press, 2018.

ELKIN-KOREN, Niva; SALZBERGER, Eli M. **The Law and Economics of Intellectual Property in the Digital Age: The Limits of Analysis**. New York: Routledge, 2013.

ESCOBAR, Arturo. **Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds**. Durham: Duke University Press, 2015.

HAMZA, R.; PRADANA, H. A Survey of Intellectual Property Rights Protection in Big Data Applications. **Algorithms**, [S. l.], v. 15, n. 11, p. 418, 2022.

JEE, S. J. et al. Making intellectual property rights work for climate technology transfer in developing countries. **INET Oxford Working Paper**, n. 2023-14, 2024.

LESSIG, Lawrence. **Code and Other Laws of Cyberspace**. New York: Basic Books, 1999.

LINÅKER, J.; RUNESON, P. Sustaining Open Data as a Digital Common – Design principles for Common Pool Resources applied to Open Data Ecosystems. *In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OPEN COLLABORATION*, 18., 2022, Madrid. **Proceedings**. New York: ACM, 2022. p. 1-11.

MASKUS, Keith E.; REICHMAN, Jerome H. (Eds.). **International Public Goods and Transfer of Technology under a Globalized Intellectual Property Regime**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.



OSTROM, Elinor. **Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

PETERS, M. A. From the knowledge economy to the creative and education economy: the critique of political economy, intellectual property and the philosophy of abundance. **Educational Philosophy and Theory**, [S. l.], v. 54, n. 2, p. 119-137, 2022.

STAHEL, Walter. **The Circular Economy: A User's Guide.** London: Routledge, 2016.

STALLMAN, Richard M. **Free Software, Free Society: Selected Essays.** 2. ed. Boston: GNU Press, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

ZUBOFF, Shoshana. **The Age of Surveillance Capitalism.** New York: PublicAffairs, 2019.

RBDIN