

**MEIO AMBIENTE E CLIMA: IMPACTOS DA POLUIÇÃO, DO  
DESMATAMENTO E DO USO INTENSIVO DE AGROQUÍMICOS NOS  
PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ASSOREAMENTO DOS  
ECOSSISTEMAS BRASILEIROS**

*ENVIRONMENT AND CLIMATE: IMPACTS OF POLLUTION, DEFORESTATION,  
AND THE INTENSIVE USE OF AGROCHEMICALS ON ENVIRONMENTAL  
DEGRADATION AND SEDIMENTATION PROCESSES IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS*

Artigo recebido em: 02/12/2025

Artigo aceito em: 03/03/2026

**Jozadake Petry Fausto\***

\*Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP), São Paulo, São Paulo, Brasil  
[jozadakepetryfausto@gmail.com](mailto:jozadakepetryfausto@gmail.com)

**Maria Vânia Abreu Pontes\*\***

\*\*Universidade Federal do Ceará (UFC), Sobral, Ceará, Brasil  
[vaniapontes@yahoo.com.br](mailto:vaniapontes@yahoo.com.br)

**Rhafic Concolato da Silva\*\*\***

\*\*\*Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[silva.rhafic@posgraduacao.uerj.br](mailto:silva.rhafic@posgraduacao.uerj.br)

**Charlys Seixas Maia Dornelas\*\*\*\***

\*\*\*\*Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, Brasil  
[csmdornelas@hotmail.com](mailto:csmdornelas@hotmail.com)

**Rafael Rodrigues Duque\*\*\*\*\***

\*\*\*\*\*Centro Universitário Única (UNIÚNICA), Bom Jesus da Lapa, Bahia, Brasil  
[rafael.duque@ufob.edu.br](mailto:rafael.duque@ufob.edu.br)

**Antonio Fluminhan\***

\*Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil  
[antoniofluminhan@gmail.com](mailto:antoniofluminhan@gmail.com)

**Tatiane Caroline Ferrari\*\*\*\*\***

\*\*\*\*\*Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Curitiba, Paraná, Brasil  
[tatiane.ferrari@unespar.edu.br](mailto:tatiane.ferrari@unespar.edu.br)

**Gabriela Meireles Rosa\*\***

\*\*Universidade Federal do Ceará (UFC), Teresina, Piauí, Brasil  
[gabrielameirelesrosa@ifpi.edu.br](mailto:gabrielameirelesrosa@ifpi.edu.br)

**João Santana Alves\*\*\*\*\***

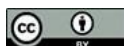
\*\*\*\*\*Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
[joasantanaalves@id.uff.br](mailto:joasantanaalves@id.uff.br)

**Victor Hugo da Silva Xisto\*\*\*\*\***

\*\*\*\*\*MUST University (MUST), Manaus, Amazonas, Brasil  
[victorxisto@live.com](mailto:victorxisto@live.com)

**Fernando André de Oliveira Duarte\*\*\*\*\***

\*\*\*\*\*Centro Universitário do Norte (UNINORTE), Manaus, Amazonas, Brasil  
[fernando@qqs.com.br](mailto:fernando@qqs.com.br)



**Alexandre Hüller**\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil  
[alexandre.huller@gmail.com](mailto:alexandre.huller@gmail.com)

**Dayane Chaves Pantoja**\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Ananindeua, Pará, Brasil  
[pantojadayane2019@gmail.com](mailto:pantojadayane2019@gmail.com)

**Rita de Cássia Melo Guimarães\***

\*Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Barretos, São Paulo, Brasil  
[rmeloguimaraes@uol.com.br](mailto:rmeloguimaraes@uol.com.br)

**André da Silva Muniz**\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Porto Velho, Rondônia, Brasil  
[munizvix@gmail.com](mailto:munizvix@gmail.com)

**Luã Gustavo da Silva Tachibana**\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil  
[lua.tachibana@ufms.br](mailto:lua.tachibana@ufms.br)

**Neuzeli Aparecida Rezende Arnaud Araújo**\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*Universidade Estadual do Amazonas (UEA), Manaus, Amazonas, Brasil  
[neuzeli\\_rezende@hotmail.com](mailto:neuzeli_rezende@hotmail.com)

The authors declare that there is no conflict of interest

## Resumo

A intensificação das pressões antrópicas sobre os ecossistemas brasileiros, especialmente por meio da poluição, do desmatamento e do uso intensivo de agroquímicos, tem produzido alterações significativas nos ciclos naturais, comprometendo a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos territórios. Nesse contexto, observa-se o agravamento de processos como a degradação dos solos, a contaminação dos recursos hídricos e o assoreamento de corpos d'água, fenômenos que impactam diretamente a biodiversidade e as condições de vida das populações humanas e não humanas. Diante desse cenário, o presente estudo tem como objeto de análise os impactos da poluição, do desmatamento e do uso intensivo de agroquímicos nos processos de degradação ambiental e assoreamento dos ecossistemas brasileiros, considerando suas inter-relações e efeitos sobre os sistemas naturais. A partir dessa delimitação, a pesquisa orienta-se pela seguinte pergunta de partida: de que maneira a interação entre poluição, desmatamento e uso intensivo de agroquímicos contribui para a intensificação dos processos de degradação ambiental e assoreamento nos ecossistemas brasileiros, e quais são suas implicações para a sustentabilidade socioambiental? Teoricamente, fizemos uso dos trabalhos de Beck (2008; 2016), Blanco-Canqui (2008), Capra (1997; 2006),

## Abstract

*The intensification of anthropogenic pressures on Brazilian ecosystems, especially through pollution, deforestation, and the intensive use of agrochemicals, has produced significant changes in natural cycles, compromising environmental quality and the sustainability of territories. In this context, there is an increasing aggravation of processes such as soil degradation, contamination of water resources, and the siltation of water bodies, phenomena that directly impact biodiversity and the living conditions of both human and non-human populations. Within this framework, the present study aims to analyze the impacts of pollution, deforestation, and the intensive use of agrochemicals on processes of environmental degradation and siltation in Brazilian ecosystems, considering their interrelationships and effects on natural systems. Based on this delimitation, the research is guided by the following research question: how does the interaction between pollution, deforestation, and the intensive use of agrochemicals contribute to the intensification of environmental degradation and siltation processes in Brazilian ecosystems, and what are its implications for socio-environmental sustainability? Theoretically, this study draws upon the works of Beck (2008; 2016), Blanco-Canqui (2008), Capra (1997; 2006), Carson*

Carson (1962; 1998; 2010), Commoner (2014; 2015), Costanza (1997; 2014), Cronon (1991; 2003), Daly (1994; 1997; 2008), Diamond (2013; 2014; 2019), Ehrlich (1986), Foster (2000; 2020), Giddens (2000; 2010), Hardin (1973; 1986; 1999), Harvey (2021), Kirkby (1978), Klein (2000; 2008; 2014; 2019), Leff (1998; 2001; 2006), Leopold (1994; 2020), Lovelock (2000; 2009; 2019), Lynas (2007; 2011; 2020), Martinez-Alier (2002; 2011), McKibben (2003; 2007; 2010; 2019), Meadows (1972; 1992; 2004; 2008), Morton (2009; 2013; 2016; 2017; 2018), Nixon (2011), Ostrom (1994; 2005; 2015), Raworth (2017), Sachs (2007; 2009), Santos (2001; 2006), Schumm (2005), Shiva (2015; 2016), Smil (2013; 2017; 2019), Wohl (2010; 2014), entre outros. A pesquisa é qualitativa (Minayo, 2007), descritiva e bibliográfica (Gil, 2008) e como viés analítico compreensivo (Weber, 1949). Os resultados evidenciam que a interação entre poluição, desmatamento e uso intensivo de agroquímicos atua de forma sinérgica, intensificando processos de degradação do solo, contaminação hídrica e assoreamento dos ecossistemas. Verifica-se a formação de cadeias processuais interdependentes que ampliam os impactos ambientais e comprometem a funcionalidade dos sistemas naturais em diferentes escalas. Tais dinâmicas revelam implicações profundas para a sustentabilidade socioambiental, afetando serviços ecossistêmicos, economias locais e condições de vida das populações.

**Palavras-chave:** Degradação Ambiental. Assoreamento. Poluição. Agroquímicos.

(1962; 1998; 2010), Commoner (2014; 2015), Costanza (1997; 2014), Cronon (1991; 2003), Daly (1994; 1997; 2008), Diamond (2013; 2014; 2019), Ehrlich (1986), Foster (2000; 2020), Giddens (2000; 2010), Hardin (1973; 1986; 1999), Harvey (2021), Kirkby (1978), Klein (2000; 2008; 2014; 2019), Leff (1998; 2001; 2006), Leopold (1994; 2020), Lovelock (2000; 2009; 2019), Lynas (2007; 2011; 2020), Martinez-Alier (2002; 2011), McKibben (2003; 2007; 2010; 2019), Meadows (1972; 1992; 2004; 2008), Morton (2009; 2013; 2016; 2017; 2018), Nixon (2011), Ostrom (1994; 2005; 2015), Raworth (2017), Sachs (2007; 2009), Santos (2001; 2006), Schumm (2005), Shiva (2015; 2016), Smil (2013; 2017; 2019), Wohl (2010; 2014), among others. The research is qualitative (Minayo, 2007), descriptive and bibliographic (Gil, 2008), with a comprehensive analytical approach (Weber, 1949). The results show that the interaction between pollution, deforestation, and the intensive use of agrochemicals operates synergistically, intensifying processes of soil degradation, water contamination, and ecosystem siltation. It is observed the formation of interdependent process chains that amplify environmental impacts and compromise the functionality of natural systems at different scales. Such dynamics reveal profound implications for socio-environmental sustainability, affecting ecosystem services, local economies, and the living conditions of populations.

**Keywords:** Environmental Degradation. Siltation. Pollution. Agrochemicals.

## **1 INTRODUÇÃO: INTERAÇÕES ENTRE POLUIÇÃO, DESMATAMENTO E USO INTENSIVO DE AGROQUÍMICOS NA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E NO ASSOREAMENTO DOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**

Ao olharmos para o mundo que habitamos, torna-se inevitável reconhecer, ainda que de maneira inquietante, que a relação entre sociedade e natureza vem sendo continuamente tensionada por práticas que extrapolam, de forma crescente, os limites de regeneração dos sistemas naturais, de modo que aquilo que, em determinados momentos históricos, foi compreendido como uso racional dos recursos, passa, progressivamente, a configurar-se como exploração intensiva, extensiva e, em muitos casos, estruturalmente

predatória. Assim, ao mesmo tempo em que os avanços técnicos ampliaram significativamente a capacidade humana de intervir sobre o meio, eles também intensificaram processos de degradação que se manifestam de forma difusa, cumulativa e, por vezes, invisibilizada no cotidiano, revelando uma crise que não se restringe a eventos isolados ou a territórios específicos, mas que se estrutura como uma condição sistêmica da própria organização social contemporânea<sup>1</sup>. Nesse sentido, convém observar que a crise ambiental não pode ser reduzida a um conjunto de problemas pontuais, como desmatamento ou poluição, mas deve ser compreendida como expressão de um modelo civilizatório que, ao priorizar a expansão contínua da produção, do consumo e da acumulação, reorganiza profundamente os ciclos naturais e altera as bases materiais da vida. Em outras palavras, não se trata apenas de impactos ambientais, mas de transformações profundas nas dinâmicas ecológicas que sustentam os sistemas terrestres, o que implica reconhecer que os processos produtivos estão diretamente vinculados à intensificação das pressões sobre o solo, a água, a atmosfera e a biodiversidade. Colocando essa questão em perspectiva, Smil (2017) aponta que “[...] a energia é a única moeda universal: uma de suas muitas formas deve ser transformada para que qualquer coisa seja feita” (p. 13), evidenciando que toda forma de desenvolvimento material está intrinsecamente associada a fluxos energéticos que, ao serem ampliados, implicam também em maiores níveis de intervenção sobre os sistemas naturais. Por outro lado, Beck (2009) afirma que “[...] estamos todos presos em uma zona global de perigo” (p. 9), o que

---

<sup>1</sup> A capacidade humana de intervir sobre o meio ambiente, historicamente associada ao desenvolvimento técnico e à ampliação das forças produtivas, ultrapassa, na contemporaneidade, a dimensão de uma ação isolada ou meramente instrumental, passando a configurar-se como uma condição sistêmica intrínseca à própria organização social. Isso significa que práticas como o desmatamento, a poluição e a exploração intensiva de recursos naturais não podem ser compreendidas apenas como escolhas individuais ou eventos pontuais, mas como expressões de um sistema estruturado por lógicas econômicas, políticas e culturais que orientam e condicionam tais intervenções. Nessa perspectiva, a noção de “condição sistêmica” refere-se ao conjunto articulado de relações, normas e racionalidades que sustentam o funcionamento da sociedade contemporânea, especialmente sob a égide do capitalismo global, no qual a apropriação da natureza é mediada por imperativos de crescimento, acumulação e eficiência. Assim, a ação humana sobre o meio ambiente torna-se parte constitutiva de um sistema que não apenas permite, mas exige a transformação contínua da natureza em recurso, convertendo ecossistemas em ativos econômicos e subordinando os ciclos naturais às dinâmicas do mercado. Como destaca Foster (2005), ao analisar a relação metabólica entre sociedade e natureza, “[...] o capitalismo rompe o metabolismo entre humanidade e natureza, instaurando um processo de exploração que desconsidera os limites ecológicos” (p. 167), evidenciando que a crise ambiental é, em grande medida, resultado de uma lógica sistêmica de produção e reprodução social. Dessa forma, compreender a intervenção humana no meio como condição sistêmica implica reconhecer que os impactos ambientais não são desvios ocasionais, mas consequências estruturais de um modelo de organização social que naturaliza a exploração intensiva da natureza como fundamento de sua própria existência. Ver: Foster, John Bellamy. *A ecologia de Marx: materialismo e natureza*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

permite compreender que os riscos ambientais deixaram de ser localizados e previsíveis, passando a assumir uma dimensão global, complexa e, sobretudo, desigual, afetando de maneira diferenciada territórios, populações e ecossistemas. Dessa forma, não se pode ignorar que a crise ambiental contemporânea articula, simultaneamente, dimensões ecológicas, econômicas, sociais e políticas, exigindo uma abordagem analítica capaz de apreender essas múltiplas camadas, bem como suas inter-relações. Ainda assim, à medida que essas dinâmicas se intensificam, torna-se necessário deslocar o olhar de uma perspectiva meramente descritiva para uma compreensão mais aprofundada dos processos que sustentam essa crise, especialmente quando se considera a forma como diferentes territórios, como o Brasil, passam a ocupar posições estratégicas nesse cenário global, o que abre espaço para problematizar, de maneira mais detalhada, os vetores que estruturam essa degradação e suas implicações para os sistemas naturais e sociais.

A biosfera terrestre – esse fino envoltório de vida que permeia a hidrosfera do planeta, a porção mais baixa de sua atmosfera e um pequeno volume superior de sua litosfera – possui uma origem surpreendentemente antiga: os primeiros organismos simples surgiram há quase quatro bilhões de anos [...] Contudo, nenhuma espécie foi capaz de transformar a Terra de tantas maneiras e em tal escala quanto o *Homo sapiens* – e a maior parte dessas transformações pode ser atribuída à exploração deliberada ou à destruição da massa de organismos vivos do planeta, bem como à redução, mas também à intensificação, de sua produtividade. Essas transformações antecedem em muito o período histórico [...] Os seres humanos acabaram criando paisagens inteiramente novas, densamente povoadas, por meio da agricultura intensiva, da industrialização e da urbanização. Esses processos atingiram uma intensidade e uma extensão sem precedentes a partir da segunda metade do século XIX [...] (Smil, 2013, p. 8, citação nossa).

Dessa maneira, torna-se fundamental aprofundar a análise das pressões antrópicas que se intensificam em escala global, uma vez que elas não apenas ampliam a magnitude das transformações ambientais, mas também reconfiguram os próprios modos de funcionamento dos sistemas naturais, interferindo em ciclos que, até então, operavam dentro de determinados equilíbrios dinâmicos. À medida que práticas produtivas se expandem territorialmente e se tornam mais intensivas, observa-se, em convergência, o aumento da extração de recursos, da geração de resíduos e da emissão de substâncias potencialmente contaminantes, o que contribui para a aceleração de processos de degradação ambiental que, muitas vezes, se desenvolvem de forma silenciosa, porém cumulativa. Nessa direção (Smil, 2019, p. 5) afirma que “[...] o crescimento pode seguir padrões lineares, exponenciais ou logísticos, sendo que, em muitos casos, a expansão

acelerada tende a encontrar limites impostos pelos próprios sistemas que a sustentam”, o que permite compreender que a intensificação das atividades humanas, quando não acompanhada por mecanismos de regulação, tende a gerar tensões que se manifestam tanto no esgotamento dos recursos quanto na degradação dos ecossistemas. Lógicas que operam em conjunto, ao refletir sobre a relação entre energia, sociedade e transformação ambiental, Smil (2017) observa que “[...] a evolução das sociedades humanas pode ser entendida como a busca por controlar fluxos cada vez maiores de energia e convertê-los em formas úteis de trabalho e produção” (p. 17), evidenciando que a expansão produtiva não apenas depende do aumento do consumo energético, mas também implica em uma intensificação das intervenções sobre o meio natural. Sob esse prisma, convém reconhecer que tais dinâmicas não se distribuem de maneira homogênea, uma vez que determinados territórios passam a assumir papéis estratégicos na provisão de recursos e na absorção dos impactos ambientais, o que contribui para a formação de “zonas de maior vulnerabilidade ecológica e social”. Em complemento a essa discussão, merece atenção o fato de que essas pressões não atuam isoladamente, mas se sobrepõem e se reforçam mutuamente, criando condições propícias para a emergência de processos complexos, como a degradação do solo, a contaminação dos recursos hídricos e a perda de biodiversidade, cujas consequências tendem a se manifestar de forma interdependente. Nesse cenário, torna-se cada vez mais evidente que a análise das pressões antrópicas exige não apenas a identificação de seus vetores, mas também a compreensão de suas interações e de seus efeitos cumulativos, especialmente quando se busca interpretar como essas dinâmicas se materializam em contextos específicos, nos quais fatores econômicos, políticos e ambientais se entrelaçam de maneira particularmente intensa.

Se considerarmos essa realidade, quando se desloca o foco analítico para a posição ocupada pelo Brasil na dinâmica ecológica planetária, evidencia-se, de maneira particularmente expressiva, o papel estratégico que o território brasileiro desempenha na regulação de processos ambientais de escala global, especialmente no que diz respeito à manutenção de grandes estoques de biodiversidade, à regulação climática e à conservação de recursos hídricos. Trata-se de um espaço geográfico cuja complexidade não pode ser reduzida a uma dimensão meramente territorial, uma vez que ele articula, simultaneamente, sistemas naturais altamente sensíveis e estruturas produtivas profundamente intensivas, o que resulta em uma tensão constante entre conservação e exploração. Considerando essa condição, torna-se relevante observar que os principais

biomas brasileiros, isto é, como Amazônia, Cerrado e Pantanal, não apenas concentram funções ecológicas essenciais, mas também são alvo de pressões crescentes decorrentes da expansão de atividades agropecuárias, minerárias e infraestruturais, que, ao se intensificarem, passam a reconfigurar os equilíbrios ambientais desses sistemas. Nesse ponto, torna-se pertinente recuperar a reflexão de Lovelock, que afirma: “[...] a Terra comporta-se como um sistema fisiológico autorregulado que mantém condições adequadas para a vida” (2009, p. 26), o que implica reconhecer que alterações significativas em regiões-chave podem desencadear efeitos que extrapolam suas fronteiras imediatas. Em complemento, ao discutir a interdependência entre processos ecológicos, Morton (2018, p. 27) assinala que “[...] tudo está conectado, do mesmo modo que o osso da perna está ligado ao sistema de resíduos tóxicos”, evidenciando que as intervenções humanas em determinados pontos do sistema ambiental podem gerar repercussões amplas e, muitas vezes, imprevisíveis. Partindo dessa articulação, convém considerar que o Brasil, ao mesmo tempo em que se apresenta como uma das principais reservas ecológicas do planeta, também se insere em circuitos econômicos globais que demandam a intensificação da produção de commodities, o que acaba por ampliar a pressão sobre seus ecossistemas. Logo, essa condição revela uma contradição estrutural, na qual o território é, no mesmo momento, valorizado por sua riqueza natural e explorado como base material de um modelo produtivo que tende a comprometer essa mesma riqueza. Diante desse quadro, torna-se imprescindível avançar na compreensão de como essas dinâmicas se materializam no interior dos diferentes biomas, especialmente quando se considera que os processos de degradação ambiental não se distribuem de forma homogênea, mas assumem configurações específicas, associadas às características ecológicas, econômicas e políticas de cada região, o que exige um olhar mais atento sobre os vetores que impulsionam tais transformações e suas implicações para a sustentabilidade dos sistemas naturais e sociais.

Neste sentido, convém aprofundar a relação entre desenvolvimento econômico e exploração intensiva dos recursos naturais, uma vez que, ao se expandirem as fronteiras produtivas, especialmente em economias orientadas pela exportação de commodities, observa-se a consolidação de um modelo que depende, de maneira estrutural, da conversão contínua de ecossistemas em áreas produtivas, o que implica não apenas a retirada de cobertura vegetal, mas também a transformação profunda das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e da água. Nessa perspectiva, o crescimento

econômico passa a ser sustentado por uma lógica que privilegia a intensificação produtiva em larga escala, frequentemente associada ao uso massivo de insumos, à mecanização e à ampliação das cadeias de infraestrutura, o que contribui para a aceleração de processos de degradação ambiental que, muitas vezes, não são imediatamente perceptíveis, mas que se acumulam ao longo do tempo. Nesse contexto, Daly (1997) observa que “[...] o crescimento pode se tornar antieconômico quando os custos ambientais e sociais superam os benefícios da produção” (p. 55), o que permite compreender que a expansão produtiva, quando desvinculada de limites ecológicos, tende a gerar desequilíbrios que comprometem a sustentabilidade dos sistemas naturais. Em outra formulação, Daly (1994, p. 45) afirma que “[...] a economia é um subsistema aberto que depende de um ecossistema finito, sendo, portanto, impossível crescer indefinidamente sem ultrapassar os limites ambientais”, evidenciando que a base material da economia está diretamente vinculada à capacidade de suporte dos ecossistemas. À luz desses entendimentos, torna-se possível identificar que o avanço de atividades como a agricultura intensiva, a mineração e a expansão urbana não apenas aumentam a pressão sobre os recursos naturais, mas também desencadeiam processos interligados, como a compactação do solo, a redução da infiltração de água, a alteração dos ciclos hidrológicos e a perda de biodiversidade. A título de ilustração, em regiões de fronteira agrícola, a substituição de vegetação nativa por monoculturas tende a reduzir a diversidade biológica e a aumentar a vulnerabilidade do solo à erosão, especialmente quando associada ao uso intensivo de maquinário e insumos químicos, o que contribui para o transporte de sedimentos e a contaminação de corpos d’água. Nesse percurso, cabe ressaltar que tais dinâmicas não ocorrem de forma isolada, mas se articulam com processos econômicos globais que demandam a intensificação da produção e a redução de custos, o que frequentemente resulta na flexibilização de normas ambientais e na ampliação de práticas de uso intensivo dos recursos. Dessa maneira, a relação entre desenvolvimento econômico e degradação ambiental revela-se não apenas como um problema técnico ou gerencial, mas como uma questão estrutural, que envolve escolhas políticas, modelos de produção e formas de apropriação da natureza, abrindo espaço para uma análise mais aprofundada sobre os mecanismos que sustentam essas transformações e suas implicações para os sistemas ecológicos e sociais.

A transformação da natureza em mercadorias é um dos processos centrais pelos quais o capitalismo reconfigura o ambiente. Aquilo que antes era valorizado

por suas relações ecológicas e usos de subsistência passa a ser cada vez mais definido em termos de valor de troca, à medida que a terra, a madeira, os grãos e os animais são reorganizados para atender às demandas de mercados distantes. Essa mudança não apenas altera os padrões de produção, ela reestrutura fundamentalmente os ecossistemas, uma vez que paisagens diversas são simplificadas, especializadas e intensificadas com o objetivo de maximizar o retorno econômico. Nesse processo, os ciclos naturais são interrompidos, e os limites ecológicos são frequentemente ignorados na busca por lucro e expansão (Cronon, 1991, p. 15, citação nossa).

Cabe, então, avançar na compreensão da crise ambiental como um fenômeno essencialmente sistêmico e multidimensional, cuja complexidade não pode ser apreendida por análises fragmentadas ou por abordagens que isolam variáveis, ignorando as interdependências que estruturam os sistemas naturais e sociais. De forma progressiva, torna-se evidente que os impactos ambientais não se limitam a alterações pontuais, mas se manifestam por meio de redes de interações que conectam processos físicos, químicos, biológicos e sociais, configurando uma dinâmica em que causas e efeitos se entrelaçam de maneira não linear. Essa compreensão implica reconhecer que intervenções aparentemente localizadas, ou seja, como o desmatamento em uma determinada região ou o uso intensivo de insumos químicos em sistemas agrícolas, podem desencadear efeitos que se propagam em diferentes escalas, afetando ciclos hidrológicos, padrões climáticos e fluxos de nutrientes. Nessa linha de raciocínio, Meadows (2008) sustenta que “[...] sistemas são conjuntos de elementos interconectados que produzem padrões de comportamento ao longo do tempo” (p. 2), indicando que a análise de qualquer fenômeno ambiental exige a consideração das relações entre seus componentes e das dinâmicas que emergem dessas interações. Complementarmente, Morton (2007, p. 5) afirma que “[...] a ideia de natureza como algo separado do humano obscurece as reais conexões ecológicas”, o que reforça a necessidade de superar dicotomias tradicionais que separam sociedade e ambiente, impedindo uma leitura mais integrada dos processos em curso. Sob esse enfoque, torna-se possível perceber que a crise ambiental envolve, simultaneamente, dimensões ecológicas – como a perda de biodiversidade e a degradação dos solos –, econômicas – relacionadas aos padrões de produção e consumo –, e sociais – vinculadas às desigualdades no acesso aos recursos e na exposição aos riscos. Ao se considerar, por exemplo, o avanço da fronteira agrícola sobre áreas de vegetação nativa, observa-se não apenas a supressão de habitats, mas também a alteração das propriedades do solo, a intensificação da erosão e o aumento do transporte de sedimentos, o que pode culminar no assoreamento de corpos d’água e na redução da qualidade hídrica. De igual maneira,

a aplicação contínua de agroquímicos tende a promover processos de lixiviação<sup>2</sup>, permitindo que substâncias químicas atinjam camadas mais profundas do solo e, posteriormente, os sistemas aquáticos, ampliando os riscos de contaminação e de bioacumulação. Diante dessas interações, evidencia-se que a compreensão da crise ambiental exige não apenas a identificação de seus vetores, mas também a análise de seus mecanismos de articulação, uma vez que é nesse cruzamento de processos que se configuram os efeitos mais profundos e duradouros sobre os ecossistemas e as sociedades humanas.

Importa destacar, de maneira mais situada, como a problemática ambiental se materializa no contexto brasileiro, sobretudo quando se observam as particularidades históricas, econômicas e territoriais que moldam a forma pela qual os processos de degradação se distribuem e se intensificam no país. Ao se examinar a configuração dos diferentes biomas, percebe-se que a pressão exercida sobre esses sistemas não decorre apenas de dinâmicas recentes, mas se vincula a trajetórias de ocupação e uso da terra que, ao longo do tempo, foram orientadas por interesses produtivos, frequentemente dissociados das capacidades de suporte ecológico. Desse modo, regiões como a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal passam a concentrar não apenas elevados níveis de biodiversidade, mas também conflitos relacionados à expansão agrícola, à exploração de recursos naturais e à implementação de grandes projetos de infraestrutura, os quais reconfiguram profundamente os equilíbrios ambientais. Beck (2009, p. 160) afirma que “[...] a desigualdade global se expressa também na vulnerabilidade local aos riscos

---

<sup>2</sup> Os processos de lixiviação correspondem ao deslocamento e à remoção de substâncias solúveis presentes no solo, provocados, sobretudo, pela percolação da água ao longo dos perfis edáficos, constituindo um fenômeno central na dinâmica geoquímica dos ecossistemas terrestres. Esse processo ocorre quando a água das chuvas, da irrigação ou de outras fontes infiltra-se no solo, dissolvendo sais minerais, nutrientes e, em muitos casos, contaminantes, que são então transportados para camadas mais profundas ou para os lençóis freáticos. Em condições naturais, a lixiviação desempenha papel importante na formação dos solos e na redistribuição de elementos químicos; entretanto, quando intensificada por práticas antrópicas – como o uso excessivo de fertilizantes, o desmatamento e a compactação do solo –, pode resultar na perda significativa de nutrientes essenciais, na redução da fertilidade do solo e na contaminação de águas subterrâneas. Esse processo está diretamente relacionado à estrutura do solo, à sua capacidade de retenção de água, à cobertura vegetal e às características climáticas, sendo particularmente acentuado em regiões tropicais, onde a elevada pluviosidade favorece a mobilidade dos elementos químicos. Além disso, a lixiviação contribui para o empobrecimento dos horizontes superficiais do solo e para o transporte de substâncias potencialmente tóxicas, como nitratos e pesticidas, ampliando os riscos ambientais e à saúde humana. Conforme destacam Brady e Weil (2013), “[...] a lixiviação representa um dos principais mecanismos de perda de nutrientes nos solos, especialmente em ambientes de alta precipitação, onde a água atua como agente de transporte vertical de íons solúveis” (p. 412), evidenciando que esse fenômeno, embora natural, assume contornos críticos quando articulado às práticas produtivas intensivas da sociedade contemporânea. Ver: Brady, Nyle C.; Weil, Ray R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ambientais”, o que permite compreender que determinados territórios, embora fundamentais para a estabilidade ecológica, tornam-se mais suscetíveis aos impactos da degradação. Em outra direção analítica, Smil (2017) ressalta que “[...] a civilização moderna depende de fluxos energéticos crescentes para sustentar sua complexidade” (p. 344), evidenciando que a intensificação das atividades produtivas implica, necessariamente, em maior pressão sobre os recursos naturais, especialmente em países cuja economia está fortemente ancorada na exportação de commodities. Sob essa perspectiva analítica, torna-se possível observar que o avanço do desmatamento, particularmente em áreas de fronteira agrícola, não apenas reduz a cobertura vegetal, mas também altera processos fundamentais, como a infiltração de água no solo, a ciclagem de nutrientes e a regulação do microclima, contribuindo para o desencadeamento de cadeias de efeitos que se estendem para além das áreas diretamente afetadas. Paralelamente, o crescimento da poluição, tanto em ambientes urbanos quanto em zonas rurais, evidencia a incapacidade de determinados modelos de desenvolvimento em internalizar os custos ambientais de suas atividades, o que resulta na contaminação de solos, corpos d’água e da atmosfera. Em ambiente agrícola, como pontuado anteriormente, o uso intensivo de agroquímicos tende a promover a movimentação vertical de substâncias no solo, de substâncias tóxicas, que se deslocam atingindo sistemas hídricos, ampliando os riscos de contaminação e comprometendo a qualidade da água. Dimensões que se articulam através de dinâmicas concomitantes, como a fragilidade de mecanismos institucionais de fiscalização e regulação ambiental contribuem para a perpetuação dessas práticas, uma vez que a ausência de controle efetivo favorece a continuidade de atividades potencialmente degradadoras. Diante desses fatores, torna-se relevante examinar como esses diferentes vetores se articulam no território brasileiro, especialmente quando se busca compreender de que maneira suas interações contribuem para a intensificação dos processos de degradação ambiental e suas implicações para os sistemas naturais e sociais.

Frente a essa complexa configuração, torna-se pertinente delimitar com maior precisão os vetores centrais que orientam a análise proposta, considerando que a degradação ambiental não decorre de um único fator isolado, mas de um conjunto de processos que se articulam e se reforçam mutuamente ao longo do tempo. Entre esses vetores, destacam-se, de maneira significativa, a poluição, o desmatamento e o uso intensivo de agroquímicos, os quais, embora frequentemente analisados de forma separada, apresentam relações de interdependência que potencializam seus efeitos sobre

os sistemas naturais. Ao se observar a dinâmica desses elementos, sua atuação conjunta tende a produzir efeitos cumulativos e, em muitos casos, sinérgicos, ampliando a magnitude dos impactos ambientais e dificultando sua reversão. Morton (2018, p. 1) afirma que “[...] você pode se encontrar vivendo em uma era de extinção em massa”, indicando que os processos contemporâneos de degradação ambiental se inscrevem em uma escala histórica mais ampla, na qual as ações humanas passam a influenciar diretamente a continuidade de diversas formas de vida. Em outra perspectiva analítica, Smil (2019) observa que “[...] os resultados coletivos do crescimento podem produzir efeitos que ultrapassam a soma de suas partes” (p. 6), o que reforça a ideia de que os impactos ambientais não devem ser compreendidos apenas em termos individuais, mas como parte de um sistema mais amplo de interações. Nesse horizonte, a relação entre desmatamento e erosão do solo emerge como um dos mecanismos mais evidentes, uma vez que a retirada da cobertura vegetal expõe o solo à ação direta da chuva e do vento, favorecendo o deslocamento de partículas e o conseqüente transporte de sedimentos para corpos d’água, processo que contribui para o assoreamento e para a alteração da qualidade hídrica. De maneira correlata, o uso intensivo de agroquímicos tende a desencadear processos de lixiviação, permitindo que substâncias químicas se infiltrem no solo e alcancem os lençóis freáticos, ampliando os riscos de contaminação e de bioacumulação em diferentes níveis da cadeia alimentar. Em paralelo, a poluição, seja ela de origem urbana, industrial ou agrícola, promove alterações na composição química dos ambientes, afetando a sobrevivência de espécies e contribuindo para a perda de biodiversidade. Ao se considerar a interação entre esses fatores, torna-se evidente que seus efeitos não se limitam a impactos diretos, mas se desdobram em processos de retroalimentação, nos quais a degradação ambiental tende a intensificar novas formas de degradação, criando ciclos difíceis de interromper. Nesse quadro analítico, ganha relevância a necessidade de compreender não apenas a presença desses agentes, mas os mecanismos pelos quais eles se conectam e se transformam em processos estruturais de degradação, abrindo espaço para uma investigação mais aprofundada sobre os modos de funcionamento dessas dinâmicas no interior dos ecossistemas brasileiros.

Pela primeira vez na história do mundo, todo ser humano está agora sujeito ao contato com substâncias químicas perigosas, desde o momento da concepção até a morte. Em menos de duas décadas de uso, os pesticidas sintéticos foram tão amplamente disseminados pelo mundo animado e inanimado que hoje estão presentes praticamente em todos os lugares. Eles foram encontrados em

rios e reservatórios, nas águas subterrâneas que fluem invisíveis sob a terra, no solo e até mesmo nos corpos de seres humanos e animais. Essas substâncias químicas agora estão armazenadas nos tecidos dos organismos vivos e são transmitidas de um para outro ao longo de todos os elos das cadeias alimentares. A contaminação deixou de ser local para se tornar global, e seus efeitos são cumulativos e, muitas vezes, irreversíveis (Carson, 1962, p. 24).

Torna-se relevante, portanto, aprofundar a análise dos mecanismos de interação entre esses componentes, especialmente quando se busca compreender como processos distintos passam a operar de forma integrada, produzindo efeitos em cascata que ampliam a intensidade e a abrangência da degradação ambiental. Ao se explorar essas conexões, evidencia-se que o desmatamento, ao eliminar a cobertura vegetal, altera significativamente a estrutura do solo, reduzindo sua coesão e aumentando sua suscetibilidade à erosão, o que favorece o deslocamento de partículas e o transporte de sedimentos para cursos d'água, contribuindo para o assoreamento e para a alteração da dinâmica hidrológica. Nessa direção analítica, Smil (2019, p. 1) afirma que “[...] os padrões de crescimento seguem trajetórias que, quando aceleradas, tendem a atingir limites impostos pelos próprios sistemas”, o que permite compreender que a intensificação dessas práticas pode levar à saturação dos sistemas ambientais. Em articulação com essa leitura, Meadows (2008) argumenta que “[...] sistemas complexos respondem a perturbações por meio de feedbacks que podem amplificar ou estabilizar suas dinâmicas” (p. 25), indicando que os processos ambientais não operam de forma linear, mas são regulados por interações que podem tanto conter quanto intensificar os impactos. No exame do uso intensivo de agroquímicos, percebe-se que a aplicação contínua dessas substâncias favorece processos de lixiviação, o que amplia os riscos de contaminação e compromete a qualidade hídrica. Simultaneamente, a presença dessas substâncias nos sistemas aquáticos pode desencadear processos de bioacumulação, nos quais contaminantes se concentram ao longo da cadeia alimentar, afetando organismos em diferentes níveis tróficos. Em relação à poluição, observa-se que a introdução de resíduos e substâncias químicas nos ambientes naturais altera a composição físico-química dos ecossistemas, interferindo nos ciclos biogeoquímicos e contribuindo para a perda de biodiversidade. A partir dessas interações, torna-se possível identificar a presença de processos de retroalimentação negativa, nos quais a degradação de um componente do sistema tende a intensificar a degradação de outros, criando ciclos que se auto-reforçam e que, muitas vezes, dificultam a reversão dos impactos. Nesse conjunto de relações, ganha centralidade a compreensão dos processos ecológicos intermediários,

como a erosão do solo, o transporte de sedimentos, a lixiviação de substâncias químicas e as alterações no ciclo hidrológico, uma vez que é por meio deles que os impactos se materializam e se propagam, configurando um campo analítico que demanda maior aprofundamento – que será descrito no desenvolvimento desta pesquisa – para compreender como essas dinâmicas se articulam no interior dos ecossistemas brasileiros.

Observa-se, então, que a compreensão dos processos ecológicos intermediários assume papel central na análise da degradação ambiental, especialmente porque é por meio desses mecanismos que as transformações provocadas pelas atividades humanas se materializam e se propagam nos sistemas naturais. A erosão do solo, por exemplo, não se configura apenas como a perda de partículas superficiais, mas como um processo que altera a estrutura física do solo, reduz sua capacidade de retenção de água e compromete a disponibilidade de nutrientes, afetando diretamente a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas. Em continuidade a essa dinâmica, o transporte de sedimentos atua como elo entre áreas degradadas e sistemas hídricos, permitindo que materiais deslocados se acumulem em rios, lagos e reservatórios, contribuindo para o assoreamento e para a modificação das características hidrológicas. Smil (2017, p. 13) afirma que “[...] a vida na Terra depende da conversão de energia solar em biomassa”, o que evidencia que qualquer alteração nos processos que sustentam essa conversão pode gerar impactos significativos sobre os sistemas ecológicos. Em diálogo com essa perspectiva, Meadows (2008, p. 31) indica que “[...] em sistemas complexos, mudanças em um elemento podem produzir consequências inesperadas em todo o conjunto”, reforçando a ideia de que intervenções localizadas podem desencadear efeitos amplos e interdependentes. Ao se considerar a lixiviação de substâncias químicas, verifica-se que esse processo permite que compostos presentes na superfície do solo sejam transportados para camadas mais profundas, atingindo lençóis freáticos e corpos d’água, o que amplia os riscos de contaminação e compromete a qualidade dos recursos hídricos. Em sequência, as alterações no ciclo hidrológico, resultantes tanto da remoção da cobertura vegetal quanto da impermeabilização do solo, tendem a modificar padrões de infiltração, escoamento e evapotranspiração, interferindo na disponibilidade de água e na regulação climática local. Outro aspecto relevante diz respeito à bioacumulação e à biomagnificação, processos pelos quais substâncias tóxicas se concentram ao longo da cadeia alimentar, afetando organismos em diferentes níveis tróficos e potencializando seus efeitos ao longo do tempo. Sob essas condições, percebe-se que os impactos ambientais não se restringem à

degradação de componentes isolados, mas se expressam como transformações sistêmicas que envolvem múltiplas escalas e dimensões, indicando a necessidade de aprofundar a análise sobre como esses processos se articulam e se retroalimentam no interior dos ecossistemas brasileiros.

Diante dessas múltiplas determinações, à luz das discussões anteriormente delineadas, torna-se oportuno explicitar com maior precisão o objeto que orienta a presente investigação, uma vez que a complexidade dos processos analisados exige um recorte analítico capaz de apreender, de forma integrada, as múltiplas dimensões da degradação ambiental. Nesse direcionamento, o presente estudo tem como objeto de análise os impactos da poluição, do desmatamento e do uso intensivo de agroquímicos nos processos de degradação ambiental e assoreamento dos ecossistemas brasileiros, considerando, sobretudo, suas inter-relações e seus efeitos sobre os sistemas naturais, os quais se manifestam por meio de alterações no solo, na água, na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos. Essa delimitação decorre da compreensão de que esses fatores não operam isoladamente, mas se articulam em dinâmicas complexas que produzem efeitos cumulativos e, muitas vezes, irreversíveis, exigindo uma abordagem que vá além de análises fragmentadas. Smil (2017, p. 351) afirma que “[...] as consequências do uso intensivo de energia e recursos incluem mudanças ambientais profundas e preocupantes”, evidenciando que os processos produtivos estão diretamente vinculados às transformações ambientais em curso. Em outra formulação, Foster afirma que “[...] a ruptura metabólica entre sociedade e natureza constitui o núcleo da crise ecológica contemporânea” (2000, p. 162), indicando que a degradação ambiental não pode ser compreendida sem considerar as formas de organização social que a produzem. A partir dessa base, a pesquisa orienta-se pela seguinte pergunta de partida: de que maneira a interação entre poluição, desmatamento e uso intensivo de agroquímicos contribui para a intensificação dos processos de degradação ambiental e assoreamento nos ecossistemas brasileiros, e quais são suas implicações para a sustentabilidade socioambiental? Essa problematização não apenas direciona o percurso analítico, mas também evidencia a necessidade de compreender os mecanismos pelos quais esses vetores se articulam e se reforçam mutuamente. Do ponto de vista científico, a relevância deste estudo reside na superação de abordagens segmentadas, propondo uma leitura integrada dos processos ambientais, o que contribui para o avanço teórico-metodológico na área. Sob o aspecto social, merece atenção o fato de que os impactos decorrentes da degradação ambiental

afetam diretamente populações que dependem desses ecossistemas para sua sobrevivência, seja por meio do acesso à água, à terra ou aos recursos naturais. Já no campo político, a análise proposta oferece subsídios para a formulação de políticas públicas objetivamente efetivas, especialmente no que se refere à gestão ambiental e à regulação de atividades potencialmente degradadoras. Dito isso, ao articular diferentes dimensões da crise ambiental, este estudo busca não apenas compreender os processos em curso, mas também contribuir para a construção de perspectivas que considerem a sustentabilidade como um eixo central na relação entre sociedade e natureza, mantendo aberto o campo de reflexão sobre as possibilidades e os limites dessa transformação.

Não faltaram razões para escrevê-lo. Elas residem, em primeiro lugar, na cadeia interminável de acontecimentos nos quais a realidade e os meios de comunicação vêm coautorizando novos capítulos da ‘sociedade de risco mundial’. Aquilo que parecia maior do que a própria vida há vinte anos revelou-se, na verdade, o roteiro que a realidade passou a seguir [...] Por outro lado, a tendência à globalização dos riscos também se reflete na recepção da teoria da sociedade de risco. Minhas análises já foram confirmadas de diversas maneiras: riscos ambientais, crises econômicas e conflitos políticos se sobrepõem e se reforçam cada vez mais para além das fronteiras nacionais, produzindo novas formas de vulnerabilidade e incerteza que já não podem ser contidas dentro dos marcos tradicionais de controle (Beck, 2007, p. 9).

## **2 METODOLOGIA: ABORDAGEM QUALITATIVA E ANALÍTICO-COMPREENSIVA DAS INTERAÇÕES ENTRE POLUIÇÃO, DESMATAMENTO E USO DE AGROQUÍMICOS NA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E NO ASSOREAMENTO DOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**

A investigação foi estruturada sob a forma de uma abordagem qualitativa, considerando que o objeto analisado envolve fenômenos socioambientais complexos, marcados por múltiplas interações, temporalidades e escalas, exigindo, portanto, uma leitura que vá além da mensuração e alcance a interpretação das relações, dos sentidos e das dinâmicas processuais que atravessam os ecossistemas brasileiros. Desse modo, buscou-se compreender não apenas o “quanto” os impactos ocorrem, mas, sobretudo “como” eles se articulam e se reproduzem no tempo e no espaço, o que se alinha à perspectiva de que a pesquisa qualitativa privilegia a compreensão situada dos fenômenos. Logo, “[...] a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes” (Minayo, 2007, p. 21), indicando sua pertinência para estudos que envolvem complexidade social e ambiental. Em

complemento, “[...] o pensamento qualitativo baseia-se principalmente na percepção e na compreensão humana” (Stake, 2011, p. 22), o que reforçou a escolha metodológica ao permitir interpretar as interdependências entre poluição, desmatamento e uso de agroquímicos como processos interligados e não isolados.

[...] a abordagem qualitativa se distingue por seu compromisso em apreender os fenômenos em sua totalidade e complexidade, recusando-se a reduzi-los a variáveis isoladas e mensuráveis, uma vez que busca compreender as relações, os significados e os contextos nos quais esses fenômenos se produzem e se transformam. nesse sentido, o pesquisador não se limita à descrição superficial dos dados, mas procura interpretar as múltiplas dimensões que os constituem, considerando suas interdependências, historicidade e inserção social, o que implica reconhecer que os processos analisados são dinâmicos, situados e atravessados por diferentes níveis de determinação (Minayo, 2007, p. 57).

Sob essa orientação, o estudo foi classificado como pesquisa bibliográfica e descritiva, uma vez que se fundamentou no levantamento, organização e análise crítica de produções científicas já consolidadas, ou seja, os denominados “clássicos”, buscando descrever e interpretar, de maneira articulada, os processos de degradação ambiental e assoreamento. Nessa direção, o percurso metodológico envolveu a identificação sistemática de obras relevantes, tanto clássicas quanto contemporâneas, que abordam a temática em diferentes campos do conhecimento, permitindo construir uma base teórica consistente e multidisciplinar. Em prosseguimento, “[...] a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos” (Gil, 2008, p. 44), evidenciando sua centralidade neste tipo de investigação. Por outro lado, “[...] a disciplina de metodologia científica busca orientar o pesquisador quanto aos caminhos do saber” (Prodanov. Freitas, 2013, p. 13), o que sustentou a organização rigorosa das etapas do estudo e a delimitação do recorte temático centrado em poluição, desmatamento, agroquímicos, degradação e assoreamento.

No que se refere à abordagem teórico-metodológica, adotou-se uma perspectiva analítico-compreensiva, inspirada na sociologia compreensiva, a fim de interpretar os fenômenos ambientais como construções históricas e sociais interligadas a processos econômicos, políticos e culturais, ao mesmo tempo em que se integrou esse olhar a concepções sistêmicas e ecológicas que compreendem os ecossistemas como redes dinâmicas e interdependentes. Essa articulação permitiu pontuar os impactos ambientais não como eventos isolados, mas como parte de um sistema mais amplo de relações. Dito isso, “[...] os problemas complexos atravessam várias disciplinas e exigem abordagens

integradas” (Minayo. Deslandes, 2002, p. 12), indicando a necessidade de interdisciplinaridade. Complementando essa compreensão, Flick (2013) aponta que “[...] a pesquisa social se orienta pela compreensão de contextos e significados nas práticas sociais” (p. 15), o que fundamentou a integração entre ecologia, sociologia ambiental e economia ecológica.

Quanto aos procedimentos de coleta de dados, realizou-se um levantamento sistemático de obras teóricas e artigos científicos, selecionados a partir de critérios como relevância temática, reconhecimento acadêmico e aderência ao objeto de estudo, garantindo diversidade e consistência das fontes utilizadas. Além disso, buscou-se contemplar diferentes áreas do conhecimento, de modo a construir uma leitura multidimensional do problema investigado, articulando contribuições da ecologia, geografia, sociologia ambiental e economia ecológica. Assim, “[...] a seleção de referências deve atender à coerência com o objeto e à capacidade de sustentar a argumentação” (Minayo, 2007, p. 45). Simultaneamente, “[...] a pesquisa científica exige procedimentos sistemáticos e organizados para a obtenção do conhecimento” (Prodanov. Freitas, 2013, p. 73), o que orientou a estruturação do corpus teórico e a organização do material analisado.

[...] a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, sendo fundamental para oferecer ao pesquisador uma visão ampla e sistematizada do tema investigado. contudo, sua realização exige rigor na seleção das fontes, análise crítica do conteúdo e organização lógica das informações, de modo que não se limite à simples reprodução de ideias, mas contribua para a construção de novas interpretações e articulações teóricas. nesse processo, o pesquisador deve estabelecer critérios claros de inclusão e exclusão das obras, garantindo a pertinência, atualidade e consistência do material utilizado, o que permite sustentar, com base sólida, a argumentação desenvolvida ao longo do estudo (Gil, 2008, p. 50).

No plano das técnicas de análise, foi empregada a análise de conteúdo temática, com a construção de categorias analíticas que permitiram identificar padrões, relações e recorrências nos textos examinados, bem como interpretar criticamente as conexões entre os fenômenos estudados. Desse modo, foram definidas como categorias centrais: poluição ambiental, desmatamento, uso intensivo de agroquímicos, degradação do solo, assoreamento e suas interações sistêmicas, além da sustentabilidade socioambiental. Diante desse quadro, “[...] a análise qualitativa busca apreender as estruturas de significados presentes nos discursos” (Minayo, 2007, p. 303) que, por sua vez, “[...] a

interpretação dos dados qualitativos envolve a identificação de regularidades e variações nos contextos estudados” (Flick, 2013, p. 133), o que possibilitou a construção de sínteses analíticas integradas e a identificação de cadeias processuais interdependentes.

Desse modo, a estratégia de articulação analítica foi estruturada a partir da construção de cadeias processuais e da análise multiescalar dos fenômenos, integrando dimensões ecológicas, sociais e econômicas, com foco nesses três ecossistemas brasileiros – Amazônia, Cerrado e Pantanal – considerados não de forma isolada, mas como sistemas interdependentes. Reconheceram-se, ainda, as limitações inerentes à pesquisa, como a dependência de fontes secundárias e o caráter interpretativo da análise, ao mesmo tempo em que se assegurou rigor científico por meio da coerência metodológica, diversidade de fontes e transparência analítica, além do compromisso ético com o uso responsável das referências. Dentro dessa lógica, afirma-se: “[...] a ciência é uma forma de construção da realidade, não exclusiva nem definitiva” (Minayo, 2007, p. 14) e, de maneira complementar, “[...] o conhecimento científico resulta de um processo sistemático e crítico de investigação” (Gil, 2008, p. 8), o que reforçou a contribuição metodológica do estudo ao propor uma leitura sistêmica da degradação ambiental e ao avançar na compreensão das interações entre múltiplos vetores de impacto.

### **3 IMPACTOS DA POLUIÇÃO, DO DESMATAMENTO E DO USO INTENSIVO DE AGROQUÍMICOS NOS PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ASSOREAMENTO DOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS**

Quando nos debruçamos sobre a compreensão dos vetores estruturais da degradação ambiental, somos levados, quase que inevitavelmente, a reconhecer que tais processos não se organizam de maneira isolada, mas se entrelaçam em dinâmicas complexas, nas quais diferentes formas de intervenção humana passam a operar em convergência a com a intensificando seus efeitos ao longo do tempo. E ainda, ao se considerar a poluição ambiental em suas múltiplas expressões, percebe-se que ela não se limita a um único tipo de emissão ou fonte, mas abrange um amplo espectro de contaminantes oriundos de atividades industriais, urbanas e agrícolas, os quais, ao serem introduzidos nos ecossistemas, alteram suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Commoner afirma que “[...] tudo está conectado a tudo mais, e nada desaparece realmente no ambiente” (1971, p. 41), o que permite compreender que os resíduos gerados pelas

atividades humanas não se dissipam de forma simples, mas permanecem em circulação, acumulando-se e transformando-se ao longo dos sistemas naturais. Além disso, ao refletir sobre os impactos dos produtos químicos sintéticos, Carson (1962) argumenta que “[...] a capacidade de controlar a natureza cresceu mais rapidamente do que a capacidade de compreender as consequências desse controle” (p. 8), evidenciando que a introdução de substâncias no ambiente frequentemente ocorre sem o devido conhecimento de seus efeitos de longo prazo. E, em complemento a isso, cabe ressaltar que os principais contaminantes ambientais, como metais pesados, pesticidas, fertilizantes nitrogenados e compostos orgânicos persistentes, atuam de maneira diferenciada sobre os ecossistemas, podendo interferir em ciclos biogeoquímicos, modificar a composição da água e do solo e afetar diretamente organismos vivos. Do mesmo modo, a poluição urbana, marcada pela emissão de resíduos sólidos e efluentes, contribui para a degradação de corpos d’água, especialmente em contextos de infraestrutura insuficiente, enquanto a poluição industrial introduz substâncias de alta toxicidade que podem persistir no ambiente por longos períodos. Por conseguinte, esses processos não apenas impactam os ambientes de forma direta, mas também desencadeiam efeitos indiretos, como a alteração das cadeias alimentares, a perda de biodiversidade e a redução da qualidade dos serviços ecossistêmicos. Sob uma mesma lógica, a poluição agrícola, intensificada pelo uso de insumos químicos em larga escala, favorece processos de lixiviação e escoamento superficial, permitindo que contaminantes alcancem sistemas hídricos e ampliem os riscos de contaminação difusa. Por isso, ao se analisar a atuação conjunta desses vetores, percebe-se que a poluição se insere em um sistema mais amplo de interações, no qual seus efeitos são potencializados pela presença de outros fatores, como o desmatamento e o uso intensivo do solo. Logo, a compreensão da degradação ambiental exige não apenas a identificação dos elementos que a compõem, mas, sobretudo, a análise das relações que se estabelecem entre eles, uma vez que é nesse campo de interações que se configuram os processos mais profundos e duradouros, mantendo em aberto a necessidade de aprofundamento sobre como esses mecanismos se estruturam nos diferentes contextos ecológicos.

As substâncias químicas às quais a vida é obrigada a se adaptar já não são apenas o cálcio, a sílica, o cobre e todos os demais minerais lavados das rochas e transportados pelos rios até o mar. elas são criações sintéticas da mente inventiva humana, produzidas em laboratórios e sem equivalentes na natureza. A essas foi adicionada uma categoria inteiramente nova de exposição – o

contato repetido com substâncias de grande potência. Esses materiais não são facilmente degradados. eles persistem no ambiente, inserindo-se em relações ecológicas complexas e circulando pelo solo, pela água e pelos tecidos dos organismos vivos. Uma vez introduzidos, podem ser transportados para longe de sua fonte original, interagindo com outros fatores de maneiras difíceis de prever e, muitas vezes, impossíveis de controlar (Carson, 1962, p. 16, citação nossa).

Importa avançar na análise do desmatamento enquanto elemento estruturante da degradação ambiental, sobretudo porque sua ocorrência desencadeia uma série de transformações que ultrapassam a simples retirada da cobertura vegetal, atingindo dimensões ecológicas, climáticas e hidrológicas de maneira profunda e interligada. E, mais do que isso, ao se observar a supressão da vegetação nativa, percebe-se que ela compromete diretamente a proteção do solo, uma vez que a ausência de raízes e de matéria orgânica reduz a coesão das partículas e aumenta a vulnerabilidade à ação de agentes erosivos, como a chuva e o vento, favorecendo a perda de nutrientes e a degradação física do terreno. Nesse sentido, Cronon (1991) afirma que “[...] a transformação da paisagem está diretamente ligada às formas de uso econômico da terra” (p. 56), o que permite compreender que o desmatamento não é um fenômeno natural, mas resultado de decisões produtivas que reorganizam o espaço e seus processos ecológicos. Diamond (2005, p. 420) afirma que “[...] sociedades que degradam seus recursos naturais acabam enfrentando consequências severas para sua própria sobrevivência”, indicando que a exploração intensiva dos ecossistemas pode comprometer a estabilidade dos sistemas sociais que deles dependem. Por exemplo, ao se considerar a expansão do agronegócio, da mineração e da urbanização como principais causas estruturais do desmatamento, torna-se evidente que esses processos estão diretamente vinculados a pressões econômicas que incentivam a conversão de áreas naturais em espaços produtivos, muitas vezes desconsiderando os limites ecológicos. De igual maneira, a retirada da cobertura vegetal altera o microclima local, reduzindo a umidade, aumentando a temperatura e interferindo nos padrões de precipitação, o que pode afetar não apenas a área desmatada, mas também regiões adjacentes. No âmbito dessa estrutura, merece atenção o fato de que a exposição do solo intensifica processos de escoamento superficial, favorecendo o transporte de sedimentos para corpos d’água, o que contribui para o assoreamento e para a alteração da qualidade hídrica. E não menos relevante é o fato de que, a fragmentação dos habitats decorrente do desmatamento compromete a conectividade entre ecossistemas, dificultando a circulação de espécies e ampliando os

riscos de perda de biodiversidade. Observa-se, desse modo, que esses impactos tendem a se intensificar quando associados a outras práticas, como o uso intensivo de insumos químicos, que agravam a degradação do solo e a contaminação dos recursos naturais. Nesse conjunto de relações, o desmatamento atua não apenas como um fator isolado de degradação, mas como um elemento central em uma rede de processos que se retroalimentam, exigindo uma análise mais aprofundada sobre como essas dinâmicas se estruturam e se manifestam nos diferentes contextos ambientais.

Sob uma abordagem mais direcionada ao uso intensivo de agroquímicos, é imprescindível examinar como a incorporação massiva desses insumos no modelo agrícola brasileiro contribui para a reconfiguração dos sistemas naturais, especialmente quando associada à lógica de produção em larga escala e à padronização de cultivos. E, vale também considerar que, ao se observar a diversidade de substâncias utilizadas, como herbicidas, inseticidas, fungicidas e fertilizantes sintéticos, percebe-se que tais compostos não apenas desempenham funções específicas no controle de pragas e no aumento da produtividade, mas também introduzem elementos químicos que podem persistir no ambiente e interagir com diferentes componentes dos ecossistemas. Shiva afirma que “[...] a agricultura industrial transforma a fertilidade do solo em dependência química” (2016, p. 112), evidenciando que o uso contínuo de insumos artificiais tende a alterar as propriedades naturais do solo, reduzindo sua capacidade de regeneração. Carson (1962, p. 15), por sua vez, endossa que “[...] substâncias químicas introduzidas no ambiente entram em cadeias complexas de interação, muitas vezes com efeitos desconhecidos”, indicando que os impactos desses compostos não se limitam ao momento de sua aplicação, mas se estendem ao longo do tempo e das cadeias ecológicas. Logo, considerando a dinâmica de uso desses insumos no contexto brasileiro, a expansão de monoculturas intensivas favorece a aplicação repetitiva de agroquímicos, o que aumenta a probabilidade de mobilidade de elementos químicos no solo e o escoamento superficial, permitindo que essas substâncias sejam transportadas para corpos d’água e sistemas subterrâneos. Em múltiplos cenários, de maneira análoga, a contaminação difusa emerge como um dos principais desafios, uma vez que ela não se concentra em um único ponto de emissão, mas se dispersa pelo território, dificultando sua identificação e controle. Com base nisso, torna-se relevante destacar que a presença de resíduos químicos no solo pode afetar organismos edáficos, comprometendo a biodiversidade microbiana e alterando processos fundamentais, como a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de

nutrientes. Em regime de coocorrência, a entrada dessas substâncias nos sistemas aquáticos pode provocar alterações na qualidade da água, afetando tanto organismos aquáticos quanto populações humanas que dependem desses recursos. Outro aspecto que merece atenção refere-se à bioacumulação, processo pelo qual compostos químicos se concentram em organismos ao longo do tempo, podendo atingir níveis elevados em predadores de topo, o que amplia os riscos ecológicos e sanitários. Em uma tessitura analítica mais ampla, o uso intensivo de agroquímicos não se apresenta apenas como uma estratégia produtiva, mas como um elemento estruturante de processos de degradação ambiental que se articulam com outros condicionantes, como o desmatamento e a poluição, abrindo espaço para compreender como essas interações contribuem para a formação de dinâmicas ambientais complexas e cumulativas.

Partindo de uma leitura integrada dos componentes em análise, a compreensão dos mecanismos de interação entre poluição, desmatamento e uso intensivo de agroquímicos, especialmente quando se observa que esses processos não apenas coexistem, mas operam em regime de sinergia, potencializando seus efeitos de forma não linear e, muitas vezes, imprevisível. A esse respeito, ao se considerar a relação entre desmatamento e erosão, a retirada da cobertura vegetal expõe o solo à ação direta dos agentes climáticos, intensificando o deslocamento de partículas e favorecendo o transporte de sedimentos, os quais podem carregar consigo resíduos químicos provenientes de atividades agrícolas e industriais. Nesse sentido, Leopold afirma que “[...] a terra não é apenas solo, mas uma comunidade de vida que inclui águas, plantas e animais” (1949, p. 204), o que permite compreender que qualquer alteração em um de seus componentes tende a repercutir nos demais. Nixon (2011, p. 2) afirma que “[...] a violência ambiental muitas vezes ocorre de forma lenta e invisível, acumulando-se ao longo do tempo”, indicando que os impactos decorrentes dessas interações nem sempre são imediatos, mas se manifestam de maneira gradual e persistente. Logo, a erosão, por sua vez, atua como um elo fundamental na cadeia de degradação, facilitando o transporte de substâncias químicas para corpos d’água, ampliando os efeitos da poluição e contribuindo para a contaminação hídrica. De forma semelhante, a presença de contaminantes nos sistemas aquáticos pode alterar suas características químicas, afetando organismos vivos e comprometendo a qualidade da água disponível para diferentes usos. Em continuidade, torna-se relevante destacar que esses processos tendem a se retroalimentar, criando ciclos nos quais a degradação ambiental gera condições para

novas formas de degradação, dificultando a recuperação dos ecossistemas. Tal dinâmica pode ser observada, por exemplo, em áreas onde o desmatamento reduz a capacidade de infiltração do solo, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, o transporte de sedimentos e poluentes. Adicionalmente, a contaminação do solo e da água pode comprometer a regeneração da vegetação, mantendo o sistema em um estado de vulnerabilidade contínua. Nesse quadro compreensivo, ganha destaque a noção de degradação ambiental sistêmica, que permite compreender esses processos não como eventos isolados, mas como parte de um conjunto de interações que se reforçam mutuamente, abrindo espaço para uma análise mais aprofundada sobre os modos pelos quais esses ciclos se estruturam e se mantêm ao longo do tempo nos diferentes ecossistemas.

A agricultura industrial baseia-se em um paradigma reducionista que enxerga o solo como um meio inerte no qual insumos químicos podem ser inseridos, em vez de compreendê-lo como um sistema vivo. Essa abordagem ignora as complexas inter-relações entre os organismos do solo, os ciclos da água, as plantas e a biodiversidade. O uso de fertilizantes e pesticidas químicos rompe essas relações, levando à diminuição da fertilidade do solo, ao aumento da vulnerabilidade à erosão e à contaminação dos sistemas hídricos por meio do escoamento superficial e da lixiviação. À medida que esses processos se desenvolvem, a degradação de um componente do ecossistema desencadeia uma reação em cadeia que afeta os demais, resultando em um ciclo de instabilidade ecológica que se torna cada vez mais difícil de reverter (Shiva, 2016, p. 34, citação nossa).

Em articulação com o que foi exposto, avançando na dimensão político-estrutural que sustenta esses processos, o modelo agroexportador e a expansão da fronteira agrícola se articulam com pressões econômicas que reconfiguram os territórios, intensificando práticas que favorecem a degradação ambiental. E nesse ponto, observa-se que a inserção do Brasil em cadeias globais de produção e exportação de commodities impõe uma dinâmica produtiva orientada pela maximização da eficiência e pela redução de custos, frequentemente em detrimento da conservação dos recursos naturais. Harvey afirma que “[...] o capital busca continuamente novas fronteiras de acumulação, frequentemente à custa da natureza” (2003, p. 145), evidenciando que a expansão econômica não ocorre de forma neutra, mas envolve processos de apropriação e transformação dos espaços naturais. Santos (2001, p. 87) endossa que “[...] a globalização impõe uma lógica que privilegia o uso intensivo do território em função de interesses econômicos”, indicando que os territórios passam a ser organizados de acordo com demandas externas, muitas

vezes desconsiderando suas especificidades ecológicas. A partir dessa articulação, percebe-se que a expansão da fronteira agrícola, especialmente em biomas como o Cerrado e a Amazônia, está diretamente relacionada à conversão de áreas naturais em espaços produtivos voltados para o mercado internacional, o que implica não apenas a supressão da vegetação, mas também a intensificação do uso de insumos químicos e da mecanização. Em sequência, em verdade o fato de que a fragilidade dos mecanismos de regulação ambiental contribui para a consolidação dessas práticas, uma vez que a ausência de fiscalização efetiva e de políticas públicas consistentes favorece a continuidade de atividades potencialmente degradadoras. A partir disso, os conflitos entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental não se configuram apenas como dilemas técnicos, mas como disputas políticas que envolvem diferentes interesses e atores sociais. De forma complementar, a pressão por aumento da produtividade e por expansão territorial tende a reforçar a adoção de práticas intensivas, que, embora eficientes no curto prazo, podem comprometer a sustentabilidade dos sistemas naturais no longo prazo. Em paralelo, comunidades locais e populações tradicionais frequentemente se encontram em situação de vulnerabilidade, uma vez que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência e são impactadas de maneira desproporcional pelos processos de degradação. Nesse conjunto de relações, a degradação ambiental exige a incorporação de uma dimensão política que permita compreender como decisões econômicas e institucionais moldam as dinâmicas ambientais, abrindo espaço para uma reflexão mais aprofundada sobre os caminhos possíveis para conciliar produção, conservação e justiça socioambiental.

Diante dessa estrutura mais ampla de condicionantes, os processos de retroalimentação ambiental contribuem para a consolidação de ciclos de degradação acumulativa, nos quais os impactos deixam de ser episódicos e passam a configurar padrões persistentes de transformação dos ecossistemas. E, nesse ponto nodal da discussão, observa-se que a combinação entre perda de cobertura vegetal, intensificação do uso do solo e introdução contínua de substâncias químicas cria condições para que os sistemas naturais operem em estados progressivamente mais instáveis, dificultando sua capacidade de recuperação. Nessa linha de interpretação, Costanza (1997) afirma que “[...] os serviços ecossistêmicos são fundamentais para a manutenção da vida, mas frequentemente não são considerados nas decisões econômicas” (p. 255), o que evidencia que a degradação ambiental está diretamente relacionada à desvalorização dos processos

ecológicos no planejamento produtivo. Raworth (2017, p. 44) pontua que “[...] a economia deve operar dentro de limites ecológicos que garantam a estabilidade dos sistemas naturais”, indicando que a superação desses limites tende a desencadear processos de colapso ambiental. Em consonância com essa leitura, a degradação do solo, por exemplo, reduz sua capacidade de retenção de água e de nutrientes, o que compromete a produtividade agrícola e incentiva a expansão para novas áreas, reforçando o ciclo de desmatamento. Em sequência, a perda de qualidade dos recursos hídricos, resultante da contaminação por sedimentos e substâncias químicas, afeta tanto os ecossistemas aquáticos quanto o abastecimento humano, ampliando as pressões sobre outras fontes de água. De forma articulada, a redução da biodiversidade compromete a resiliência dos ecossistemas, tornando-os mais vulneráveis a perturbações e dificultando sua regeneração. Em simultâneo a intensificação desses processos tende a produzir efeitos socioambientais significativos, afetando populações que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência. Nesse quadro, os ciclos de degradação não apenas se mantêm ao longo do tempo, mas também se ampliam, incorporando novos elementos e intensificando suas dinâmicas. Dito isso, a persistência desses processos está associada à ausência de mecanismos eficazes de regulação e de planejamento ambiental, o que permite a continuidade de práticas insustentáveis. Logo, evidencia-se que a degradação ambiental deve ser compreendida como um fenômeno dinâmico e acumulativo, que se desenvolve a partir da interação entre múltiplos fatores.

À luz desse aprofundamento, a dimensão socioambiental dos impactos se materializa de forma desigual nos territórios, especialmente quando se observa que os efeitos da degradação não atingem de maneira homogênea as populações humanas, mas tendem a incidir com maior intensidade sobre grupos socialmente vulneráveis. E, nesse nível de discussão, a contaminação de recursos hídricos, a perda de fertilidade dos solos e a redução da biodiversidade comprometem diretamente as condições de vida de comunidades que dependem desses sistemas para sua subsistência, ampliando desigualdades já existentes. Martinez-Alier afirma que “[...] os conflitos ecológicos distributivos surgem da desigualdade no acesso aos recursos e na exposição aos impactos ambientais” (2002, p. 13), indicando que a degradação ambiental está profundamente associada a disputas sociais e territoriais. Martinez-Alier (2011, p. 24) prossegue tensionando ao endossar que “[...] os custos ambientais são frequentemente externalizados para populações que não se beneficiam das atividades econômicas que os

geram”, evidenciando que os impactos da degradação tendem a recair sobre aqueles que possuem menor capacidade de defesa e adaptação. A partir dessa compreensão, a contaminação da água por resíduos químicos, por exemplo, não apenas compromete a qualidade ambiental, mas também afeta diretamente a saúde humana, podendo causar doenças e reduzir a disponibilidade de água potável. Consequentemente, a degradação do solo, ao reduzir sua produtividade, impacta a segurança alimentar, especialmente em regiões onde a agricultura de subsistência é predominante. No interior de uma mesma dinâmica, a perda de biodiversidade compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como a polinização e o controle natural de pragas, afetando tanto sistemas produtivos quanto a estabilidade dos ecossistemas. Em fatores que coexistem simultaneamente, populações tradicionais, como indígenas e comunidades rurais, são frequentemente deslocadas ou têm seus territórios reduzidos em função da expansão de atividades econômicas, o que intensifica processos de vulnerabilização social. No interior dessa tessitura social, a degradação ambiental não pode ser analisada apenas sob uma perspectiva ecológica, mas deve ser compreendida como um fenômeno que envolve dimensões sociais, econômicas e políticas. Merece atenção o fato de que a persistência desses impactos está associada à dificuldade de implementação de políticas públicas eficazes, capazes de conciliar conservação ambiental e justiça social. Nesse conjunto de interações, evidencia-se que a sustentabilidade socioambiental não pode ser concebida apenas como um objetivo abstrato, mas como um campo de disputa atravessado por interesses diversos e, muitas vezes, conflitantes, no qual se definem, de maneira concreta, as formas de uso, apropriação e preservação dos recursos naturais, bem como os próprios sentidos de desenvolvimento e justiça ambiental.

Os riscos globais apresentam um padrão peculiar: embora sejam produzidos em um determinado lugar, frequentemente geram consequências em outro, e seus efeitos são distribuídos de forma desigual entre os grupos sociais. Aqueles que mais se beneficiam do desenvolvimento industrial e econômico são, frequentemente, os menos expostos às suas consequências negativas, enquanto aqueles que possuem menos recursos são, muitas vezes, os mais vulneráveis aos riscos ambientais. Essa assimetria cria novas formas de desigualdade social, à medida que os riscos são externalizados e deslocados, tanto espacial quanto socialmente, gerando conflitos em torno da responsabilidade, da compensação e da justiça que ultrapassam as fronteiras nacionais e desafiam as instituições políticas existentes (Beck, 2007, p. 12, citação nossa).

Importa, nesse momento, avançar na compreensão das transformações ecológicas associadas à perda de biodiversidade e ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos,

uma vez que tais processos se configuram como desdobramentos diretos das interações entre poluição, desmatamento e uso intensivo de insumos químicos. De modo progressivo, a simplificação dos ecossistemas, decorrente da substituição de ambientes naturais por sistemas produtivos homogêneos, reduz a diversidade de espécies e compromete funções essenciais, como a polinização, a ciclagem de nutrientes e a regulação climática. TEEB<sup>3</sup> afirma que “[...] os serviços ecossistêmicos sustentam o bem-estar humano e são frequentemente subestimados nas decisões econômicas” (2010, p. 18), indicando que a perda desses serviços pode gerar impactos que ultrapassam a dimensão ambiental e atingem diretamente as condições de vida das populações. Em outro registro analítico, Costanza (2014, p. 153) afirma que “[...] a degradação dos ecossistemas reduz a capacidade da natureza de fornecer benefícios essenciais à sociedade”, evidenciando que a deterioração ambiental compromete a base material que sustenta as atividades humanas. Ao se considerar a redução da biodiversidade, percebe-se que ela não se limita à extinção de espécies, mas envolve a perda de interações ecológicas que garantem o funcionamento dos sistemas naturais, tornando-os mais vulneráveis a perturbações. A alteração das cadeias alimentares pode provocar desequilíbrios que se propagam ao longo dos ecossistemas, afetando tanto organismos produtores quanto consumidores. Dito isso, a degradação dos serviços ecossistêmicos, como a purificação da água e a fertilidade do solo, impacta diretamente atividades produtivas e o abastecimento de recursos naturais. De maneira integrada, a perda de cobertura vegetal e a contaminação ambiental reduzem a capacidade dos ecossistemas de absorver impactos, diminuindo sua resiliência e dificultando processos de regeneração. No interior de uma mesma dinâmica, a

---

<sup>3</sup> A The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) consiste em uma iniciativa internacional que tem como principal objetivo tornar visível o valor econômico dos ecossistemas e da biodiversidade, frequentemente negligenciado nos processos tradicionais de tomada de decisão. Criado no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o TEEB busca integrar conhecimentos da economia ecológica, da ciência ambiental e das políticas públicas para demonstrar que os serviços ecossistêmicos – como regulação do clima, purificação da água, polinização e manutenção da fertilidade do solo – possuem valor mensurável e fundamental para o bem-estar humano e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse sentido, a iniciativa atua produzindo relatórios, diretrizes e ferramentas metodológicas que auxiliam governos, empresas e a sociedade civil a incorporar o valor da natureza em decisões econômicas, evitando que a degradação ambiental seja tratada como uma externalidade invisível. Ao evidenciar os custos da perda de biodiversidade e os benefícios econômicos da conservação, o TEEB contribui para a formulação de políticas mais sustentáveis e para a reorientação de modelos de desenvolvimento, promovendo uma visão na qual a natureza deixa de ser vista apenas como recurso explorável e passa a ser reconhecida como base essencial da economia e da vida. Conforme destaca a iniciativa, “[...] tornar os valores da natureza visíveis é um passo crucial para assegurar que esses valores sejam levados em consideração nas decisões que afetam nosso futuro coletivo” (TEEB, 2010, p. 3). Ver: TEEB – The economics of ecosystems and biodiversity. Mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2010.

intensificação dessas dinâmicas pode comprometer a estabilidade climática local, alterando padrões de precipitação e temperatura. Nesse cenário ampliado, a degradação ambiental não apenas transforma os ecossistemas, mas também redefine as condições de interação entre sociedade e natureza, tensionando os próprios limites da sustentabilidade em contextos atravessados por pressões ambientais crescentes e por dinâmicas de uso intensivo dos recursos naturais.

Mostra-se necessário destacar que, aprofundar a análise das tensões entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental, especialmente quando se observa que tais dinâmicas não se apresentam como polos isolados, mas como dimensões que se entrelaçam em processos históricos, políticos e produtivos que moldam os territórios. Nesse direcionamento, percebe-se que a busca por crescimento econômico, frequentemente orientada por demandas externas e por mercados internacionais, impõe pressões contínuas sobre os recursos naturais, incentivando práticas que priorizam a produtividade imediata em detrimento da sustentabilidade de longo prazo. Sachs afirma que “[...] o desenvolvimento sustentável exige a reconciliação entre crescimento econômico, equidade social e conservação ambiental” (2007, p. 32), indicando que a superação dessas tensões depende da integração entre diferentes dimensões do desenvolvimento. Ehrlich (1968, p. 15) pontua que “[...] o crescimento populacional e o consumo intensivo pressionam os limites ecológicos do planeta”, evidenciando que a expansão das atividades humanas está diretamente associada à intensificação das pressões ambientais. Neste sentido, a fragilidade dos instrumentos de regulação ambiental contribui para a consolidação de práticas insustentáveis, uma vez que a ausência de fiscalização eficaz e de políticas públicas integradas favorece a continuidade de atividades potencialmente degradadoras. Desse modo, os conflitos entre diferentes usos do território, como agricultura, mineração e conservação, revelam disputas que envolvem interesses econômicos, sociais e ambientais, tornando a gestão dos recursos naturais um campo de negociação permanente. A expansão de atividades produtivas sobre áreas ambientalmente sensíveis tende a gerar impactos que se estendem para além dos limites imediatos das áreas exploradas, afetando sistemas ecológicos e comunidades humanas. Em simultaneidade estrutural, a incorporação de tecnologias e práticas sustentáveis ainda enfrenta barreiras de vários tipos, relacionadas tanto a custos quanto a modelos de produção consolidados. Logo, torna-se relevante destacar que a construção de alternativas depende não apenas de inovações técnicas, mas também de transformações institucionais

e culturais que permitam redefinir as relações entre sociedade e natureza. Assim, evidencia-se que o enfrentamento da degradação ambiental exige uma abordagem que considere simultaneamente os aspectos ecológicos, econômicos e políticos, reconhecendo a complexidade das relações que estruturam o uso dos recursos naturais e a necessidade de reconfiguração dos modelos de desenvolvimento em direção a formas mais equilibradas e sustentáveis.

Revelam-se importantes tais aspectos, para além das dinâmicas biofísicas e produtivas já discutidas, a degradação ambiental também se estrutura a partir de processos de reorganização territorial que redefinem as formas de uso e apropriação da natureza, sobretudo em contextos marcados pela intensificação de fluxos econômicos e pela expansão de infraestruturas. A integração de territórios anteriormente considerados periféricos aos circuitos globais de produção implica a abertura de novas áreas à exploração, frequentemente acompanhada pela instalação de redes logísticas, como rodovias, portos e corredores de exportação, que ampliam o alcance das atividades produtivas. Harvey (2005) afirma que “[...] a acumulação por espoliação envolve a transformação de bens comuns em mercadorias, frequentemente por meio de processos de despossessão” (p. 159), o que permite compreender que a expansão econômica se dá, muitas vezes, à custa da apropriação de recursos naturais e territórios. Cronon (1991, p. 97) afirma que “[...] a cidade reorganiza a natureza ao seu redor, conectando territórios distantes por meio de fluxos de mercadorias”, evidenciando que a dinâmica urbana e industrial está profundamente ligada à transformação de ecossistemas em função de demandas econômicas. Neste sentido, a intensificação das atividades produtivas em determinadas regiões não apenas altera a paisagem local, mas também estabelece conexões que ampliam os impactos ambientais para além dos limites imediatos das áreas exploradas. Posteriormente, a expansão de infraestruturas facilita o acesso a áreas anteriormente preservadas, favorecendo processos de desmatamento e intensificação do uso do solo. A ampliação desses fluxos contribui para o aumento da circulação de insumos químicos e de resíduos, potencializando os processos de poluição e contaminação ambiental. A reorganização territorial também afeta populações locais, que passam a conviver com transformações rápidas e, muitas vezes, desiguais em seus modos de vida. Com isso, a degradação ambiental não pode ser dissociada das dinâmicas espaciais que a sustentam, uma vez que a forma como os territórios são integrados aos circuitos econômicos influencia diretamente os padrões de uso dos recursos naturais. Nesse

conjunto de interações, evidencia-se que a análise da degradação ambiental exige a incorporação de uma perspectiva territorial, capaz de compreender como processos globais se materializam em escalas locais, revelando as articulações entre economia, espaço e natureza na configuração concreta das dinâmicas socioambientais.

Muitos dos problemas ambientais enfrentados pelas sociedades não decorrem apenas do uso dos recursos em si, mas das formas pelas quais esses recursos são organizados, transportados e integrados a sistemas econômicos mais amplos. À medida que as sociedades se expandem, elas conectam regiões distantes por meio do comércio e da infraestrutura, transformando, assim, os ambientes locais em resposta a demandas originadas em outros lugares. Esse processo frequentemente leva à exploração excessiva da terra, das florestas e dos recursos hídricos, bem como a efeitos ambientais em cascata que se estendem para além das áreas onde ocorreram as mudanças iniciais. Dessa forma, os danos ambientais resultantes não se limitam a um único local, mas refletem um sistema mais amplo de relações econômicas e ecológicas interconectadas (Diamond, 2005, p. 431, citação nossa).

A partir da articulação previamente estabelecida entre dinâmicas territoriais, pressões econômicas e reorganização ecológica, torna-se pertinente aprofundar a compreensão dos processos ecológicos que sustentam a degradação ambiental sistêmica, especialmente quando se observa que tais processos operam por meio de cadeias interdependentes que conectam diferentes componentes do ambiente. Ao se considerar a degradação do solo como um dos pontos centrais dessa dinâmica, percebe-se que ela não se limita à perda superficial de partículas, mas envolve transformações estruturais que afetam sua composição física, química e biológica, reduzindo sua capacidade produtiva e sua função ecológica. Lal afirma que “[...] a degradação do solo implica a perda de sua capacidade de desempenhar funções essenciais no ecossistema” (2001, p. 45), indicando que o solo não deve ser compreendido apenas como suporte físico, mas como um sistema complexo e dinâmico. Ostrom (2005, p. 22), por sua vez, pontua que “[...] sistemas socioecológicos são vulneráveis quando os mecanismos de regulação são enfraquecidos”, evidenciando que a degradação ambiental está diretamente associada à fragilidade das formas de gestão e controle. Ao se observar os processos de erosão, tanto hídrica quanto eólica, percebe-se que eles se intensificam em contextos de exposição do solo, especialmente quando há remoção da cobertura vegetal e uso inadequado do terreno, favorecendo a formação de ravinas e voçorocas que ampliam a perda de material e dificultam a regeneração natural. Dentro desse quadro, a perda de matéria orgânica compromete a estrutura do solo, reduzindo sua capacidade de retenção de água e

nutrientes, o que tende a intensificar ainda mais os processos erosivos. Nesse percurso, torna-se importante destacar que a degradação do solo não ocorre de forma isolada, mas se insere em cadeias processuais mais amplas, nas quais o desmatamento atua como fator inicial que desencadeia a erosão, o transporte de sedimentos e, posteriormente, o assoreamento de corpos hídricos. O uso intensivo de agroquímicos contribui para processos de lixiviação, permitindo que substâncias químicas sejam transportadas para camadas mais profundas do solo e para sistemas aquáticos, ampliando os riscos de contaminação e bioacumulação. A poluição ambiental, em função disso, atua como elemento agravante, alterando a composição da água e afetando organismos vivos, o que pode levar a desequilíbrios ecológicos significativos. Nesse sistema relacional, a degradação ambiental deve ser compreendida como um processo sistêmico, no qual diferentes vetores se articulam e se reforçam mutuamente, configurando dinâmicas complexas que exigem análise aprofundada para compreender seus mecanismos de funcionamento e suas implicações para os ecossistemas e as sociedades humanas.

Convém ressaltar que, neste momento, avançar na análise específica dos processos de erosão enquanto mecanismo central na cadeia de degradação ambiental, sobretudo porque sua ocorrência representa um elo decisivo entre a alteração da cobertura vegetal e a dinâmica hidrológica dos ecossistemas. Ao aprofundar essa discussão, percebe-se que a erosão hídrica, desencadeada pela ação das chuvas sobre solos desprotegidos, promove o deslocamento de partículas finas e nutrientes, contribuindo para a formação de ravinas e, em estágios mais avançados, de voçorocas, estruturas que evidenciam a perda progressiva da integridade do solo. Pimentel (2006) afirma que “[...] a erosão do solo reduz drasticamente sua produtividade, removendo nutrientes essenciais e matéria orgânica” (p. 119), indicando que esse processo não apenas altera a superfície terrestre, mas compromete funções fundamentais para a manutenção dos sistemas produtivos e ecológicos. García (2008, p. 212) afirma que “[...] o transporte de sedimentos está diretamente relacionado à intensidade do escoamento superficial e às condições do solo”, evidenciando que a dinâmica erosiva depende da interação entre fatores climáticos, topográficos e de uso da terra. Ao examinar a erosão eólica, em ambientes onde a cobertura vegetal foi removida e o solo se encontra seco e desagregado, a ação do vento pode intensificar a perda de partículas, contribuindo para a degradação e para a dispersão de sedimentos em diferentes áreas. Diante disso, merece atenção o fato de que a formação de ravinas e voçorocas não ocorre de maneira abrupta, mas resulta de processos

cumulativos que se intensificam ao longo do tempo, especialmente em contextos de manejo inadequado do solo. Simultaneamente, a perda de matéria orgânica reduz a capacidade do solo de reter água e nutrientes, tornando-o mais suscetível à erosão e dificultando sua recuperação. Logo após, é preciso dizer que esses processos estão diretamente associados à dinâmica do escoamento superficial, que, ao aumentar em função da redução da infiltração, intensifica o transporte de sedimentos para corpos d'água. Na continuidade, a deposição desses materiais em rios e reservatórios contribui para o assoreamento, reduzindo a profundidade e alterando o fluxo hídrico. Percebe-se, nesse quadro ampliado, que a erosão não deve ser compreendida apenas como um fenômeno físico, mas como parte de uma cadeia de processos que conectam a degradação do solo à transformação dos sistemas hídricos, evidenciando as implicações dessas dinâmicas nos diferentes contextos ambientais e suas repercussões sobre o equilíbrio dos ecossistemas.

Prosseguindo com a análise das cadeias processuais da degradação ambiental, os fluxos hidrológicos atuam como elementos mediadores entre os diferentes vetores já discutidos, especialmente no que se refere ao transporte de sedimentos e à redistribuição de contaminantes ao longo da paisagem. Vale destacar que o escoamento superficial emerge como um dos principais mecanismos responsáveis pelo deslocamento de partículas do solo, sobretudo em áreas onde a cobertura vegetal foi removida e a capacidade de infiltração se encontra reduzida, o que favorece a formação de fluxos concentrados de água que arrastam consigo sedimentos e substâncias químicas. Conforme Ward e Trimble, “[...] os processos hidrológicos são profundamente influenciados pelas condições da superfície terrestre e pelo uso do solo” (2004, p. 178), indicando que alterações na cobertura e na estrutura do solo têm efeitos diretos sobre a dinâmica da água. García (2008, p. 230) afirma que “[...] o aumento do escoamento superficial está associado à redução da infiltração e à maior mobilização de sedimentos”, evidenciando que a intensificação desses fluxos contribui para o carreamento de partículas em direção aos corpos hídricos. Nesse processo, a redução da infiltração compromete a recarga de aquíferos, ao mesmo tempo em que amplia o volume de água que escoam pela superfície, aumentando o risco de enchentes e a variabilidade dos regimes hidrológicos. Em termos operacionais, o carreamento de partículas não ocorre de maneira uniforme, mas depende da intensidade das chuvas, da inclinação do terreno e das características do solo, o que resulta em padrões diferenciados de deposição de sedimentos. Tal como se observa em

bacias hidrográficas com uso intensivo do solo, a deposição de sedimentos em rios e reservatórios contribui para a redução da profundidade, alterando a capacidade de armazenamento de água e interferindo no fluxo hídrico. Ademais, a presença de partículas finas associadas a contaminantes químicos amplia os riscos de poluição, uma vez que esses materiais transportam nutrientes e substâncias tóxicas, intensificando processos como a eutrofização<sup>4</sup>. Assim, a dinâmica hidrológica assume um papel central na articulação entre os processos de degradação, funcionando como um vetor de conexão que integra solo, água e contaminantes, evidenciando como essas interações se manifestam em diferentes contextos ambientais e suas implicações para a sustentabilidade dos ecossistemas.

A conversão da terra para usos agrícolas e industriais intensivos altera não apenas a cobertura vegetal, mas também o movimento da água ao longo da paisagem. À medida que as florestas são removidas e os solos são compactados, a capacidade do terreno de absorver a água da chuva diminui, resultando no aumento do escoamento superficial. Esse escoamento mobiliza partículas do solo e as transporta encosta abaixo até córregos e rios, frequentemente carregando consigo nutrientes e poluentes derivados de fertilizantes e de outras atividades humanas. Com o tempo, esses processos contribuem para o assoreamento dos corpos d'água, para a degradação da qualidade da água e para a alteração dos ciclos hidrológicos naturais, evidenciando a estreita interdependência entre uso do solo, processos do solo e sistemas aquáticos (Cronon, 2003, p. 162, citação nossa).

Dessa maneira, torna-se fundamental examinar como a presença de substâncias químicas oriundas de práticas agrícolas, industriais e urbanas altera profundamente a qualidade da água e compromete o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Nessas

---

<sup>4</sup> A eutrofização corresponde a um processo de enriquecimento excessivo de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, em corpos d'água como rios, lagos e reservatórios, alterando profundamente sua dinâmica ecológica e sua qualidade ambiental. Esse fenômeno pode ocorrer de forma natural, ao longo de longos períodos, mas tem sido intensificado pelas atividades humanas, sobretudo pelo lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, pelo escoamento superficial de fertilizantes agrícolas e pela lixiviação de nutrientes provenientes de áreas urbanas e rurais. Como consequência desse aporte elevado de nutrientes, há um crescimento acelerado de algas e cianobactérias, conhecido como florações algais, que reduz a penetração de luz na água e compromete a fotossíntese de organismos submersos. Além disso, quando essas algas morrem e se decompõem, ocorre um consumo intenso de oxigênio dissolvido, podendo levar à hipóxia ou anóxia, condições que provocam a morte de peixes e outros organismos aquáticos. Entre suas principais características, destacam-se a alteração da coloração da água, a produção de odores desagradáveis, a liberação de toxinas e a perda da biodiversidade aquática, afetando não apenas os ecossistemas, mas também o abastecimento humano e atividades econômicas como a pesca e o turismo. Conforme destacam Esteves (2011, p. 327), “[...] a eutrofização constitui um dos mais importantes impactos antrópicos sobre ecossistemas aquáticos, resultando na deterioração da qualidade da água e na simplificação das comunidades biológicas”, evidenciando que esse processo representa uma das principais formas de degradação ambiental associadas ao uso intensivo do território e dos recursos naturais. Ver: Esteves, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

dimensões, observa-se que pesticidas, fertilizantes nitrogenados e fosfatados, bem como outros compostos sintéticos, ao atingirem os corpos d'água por meio do escoamento superficial e da lixiviação, passam a interagir com os sistemas biológicos, provocando alterações que se manifestam tanto em níveis microscópicos quanto em escalas mais amplas. Wetzel afirma que “[...] a entrada excessiva de nutrientes em sistemas aquáticos pode desencadear processos de eutrofização, alterando sua estrutura e funcionamento” (2001, p. 4), indicando que o enriquecimento artificial da água pode gerar desequilíbrios ecológicos significativos. Carson (1962, p. 45) afirma que “[...] compostos químicos persistentes tendem a se acumular nos ambientes aquáticos e nos organismos vivos”, evidenciando que a contaminação não se limita à água, mas se estende às cadeias alimentares. E, tendo isso em vista, percebe-se que a eutrofização, caracterizada pelo crescimento excessivo de algas e pela redução do oxigênio dissolvido, pode levar à morte de organismos aquáticos, comprometendo a biodiversidade e a estabilidade dos ecossistemas. A presença de contaminantes químicos também pode afetar a fisiologia dos organismos, alterando seu metabolismo, sua reprodução e sua capacidade de adaptação. Em termos ecológicos, a introdução contínua dessas substâncias favorece processos de bioacumulação e biomagnificação, nos quais compostos tóxicos se concentram ao longo da cadeia alimentar, atingindo níveis elevados em predadores de topo. Igualmente se verifica que, a contaminação dos recursos hídricos impacta diretamente populações humanas, especialmente aquelas que dependem de fontes naturais de água para consumo e atividades produtivas. Destaca-se que a presença de poluentes pode comprometer o abastecimento, aumentar os custos de tratamento e ampliar os riscos à saúde pública. Em uma perspectiva mais ampla, a degradação da qualidade da água também interfere na dinâmica hidrológica, uma vez que a alteração das propriedades físico-químicas pode afetar processos como a evaporação, a infiltração e a circulação da água. Torna-se evidente, portanto, que a contaminação hídrica não deve ser compreendida apenas como um efeito isolado, mas como parte de um sistema complexo de relações que conectam solo, água e organismos vivos, revelando as implicações desses processos para os ecossistemas e para os seres humanos.

Dando continuidade à análise, os efeitos das alterações no ciclo hidrológico, sobretudo quando se considera que a interação entre desmatamento, degradação do solo e contaminação química modifica profundamente a dinâmica da água nos ecossistemas. Nesse quadro, a redução da cobertura vegetal compromete a infiltração de água no solo,

umentando o escoamento superficial e reduzindo a recarga de aquíferos, o que, por sua vez, altera a disponibilidade hídrica ao longo do tempo. Gleick afirma que “[...] a alteração dos fluxos de água doce representa um dos principais desafios ambientais do século” (2003, p. 29), evidenciando que as mudanças no ciclo hidrológico possuem implicações amplas para os sistemas naturais e para as sociedades humanas. Carson (1951, p. 102) sublinha que “[...] a água, em constante movimento, conecta todos os elementos da vida na Terra”, indicando que qualquer alteração em sua dinâmica tende a repercutir em múltiplos níveis ecológicos. A partir dessa compreensão, a diminuição da infiltração não apenas reduz a recarga subterrânea, mas também intensifica eventos extremos, como enchentes em períodos de chuva intensa e escassez hídrica em períodos de estiagem. Dando prosseguimento a essa dinâmica, a alteração dos padrões de evapotranspiração, decorrente da remoção da vegetação, pode afetar a formação de chuvas, interferindo na estabilidade climática regional. Nesse percurso analítico, torna-se importante observar que essas transformações não ocorrem de maneira isolada, mas estão associadas a mudanças mais amplas nos sistemas ecológicos, que incluem a perda de biodiversidade e a degradação dos serviços ecossistêmicos. Em termos práticos, a instabilidade no ciclo hidrológico pode comprometer atividades econômicas, como a agricultura e a geração de energia, que dependem da regularidade do fluxo de água. Em aspectos que se integram entre si, observa-se que populações humanas também são diretamente impactadas, especialmente em regiões onde o acesso à água é limitado ou depende de fontes naturais vulneráveis. No âmbito dessa problemática, torna-se evidente que a alteração do ciclo hidrológico não pode ser compreendida apenas como um fenômeno físico, mas como um processo que envolve dimensões ecológicas, sociais e econômicas, evidenciando os efeitos dessas mudanças nos diferentes territórios e os desafios associados à gestão sustentável dos recursos hídricos.

Na sequência desse encadeamento analítico, torna-se pertinente aprofundar a compreensão dos impactos ecológicos e sociais decorrentes da perda de biodiversidade, sobretudo quando se observa que a simplificação dos ecossistemas compromete não apenas a diversidade de espécies, mas também as interações que sustentam seu funcionamento. Em verdade, a eliminação de habitats, associada ao avanço de atividades produtivas e à contaminação ambiental, reduz a capacidade dos sistemas naturais de manter equilíbrios dinâmicos, favorecendo processos de instabilidade ecológica. Wilson afirma que “[...] a biodiversidade é a chave para a manutenção dos processos ecológicos

que sustentam a vida” (1988, p. 15), indicando que a diversidade biológica não é apenas um atributo dos ecossistemas, mas um elemento estruturante de seu funcionamento. Odum (1971, p. 32) reforça que “[...] ecossistemas mais diversos tendem a ser mais estáveis e resilientes a perturbações”, evidenciando que a redução da biodiversidade compromete a capacidade de resposta dos sistemas naturais frente a impactos ambientais. A partir dessa leitura, percebe-se que a perda de espécies pode desencadear efeitos em cascata, alterando cadeias alimentares e modificando relações ecológicas fundamentais, como predação, competição e mutualismo. Nesse movimento, a ausência de determinadas espécies pode favorecer a proliferação de outras, gerando desequilíbrios que se propagam ao longo do ecossistema. Ao mesmo tempo, a redução da diversidade genética limita a capacidade adaptativa das populações, tornando-as mais vulneráveis a mudanças ambientais. Em termos socioeconômicos, esses processos impactam diretamente atividades como agricultura, pesca e turismo, que dependem da integridade dos ecossistemas para sua sustentabilidade. De maneira articulada, populações humanas que mantêm relações diretas com o ambiente, como comunidades tradicionais, enfrentam perdas significativas em seus modos de vida, uma vez que a degradação ambiental reduz a disponibilidade de recursos naturais essenciais. Nesse cenário, a perda de biodiversidade deve ser compreendida não apenas como um fenômeno ecológico, mas como um processo que redefine as relações entre sociedade e natureza, abrindo espaço para aprofundar a análise sobre os desafios associados à conservação e ao uso sustentável dos recursos naturais em contextos de crescente pressão ambiental.

A perda de biodiversidade não se limita à perda de espécies. ela implica a ruptura da complexa rede de interações que sustenta os ecossistemas. Cada espécie desempenha um papel, por menor que pareça, na manutenção do equilíbrio ecológico, e a remoção de um único componente pode gerar efeitos em cascata em todo o sistema. À medida que os habitats são simplificados e degradados, os ecossistemas tornam-se menos resilientes e mais vulneráveis a perturbações, o que leva a novas perdas e a um quadro crescente de instabilidade. Esse processo reduz a capacidade dos sistemas naturais de fornecer serviços essenciais, incluindo a produção de alimentos, a purificação da água e a regulação climática, afetando diretamente o bem-estar humano e a sustentabilidade a longo prazo (Costanza et al., 1997, p. 259, citação nossa).

Prosseguindo na ampliação da análise, torna-se pertinente examinar como os impactos econômicos decorrentes da degradação ambiental se articulam com as transformações ecológicas previamente discutidas, sobretudo quando se observa que a deterioração dos recursos naturais compromete diretamente atividades produtivas

fundamentais. Nesse horizonte analítico, percebe-se que a agricultura, fortemente dependente da qualidade do solo e da disponibilidade hídrica, sofre reduções significativas de produtividade à medida que processos erosivos, perda de matéria orgânica e contaminação química avançam, exigindo maior uso de insumos e elevando os custos de produção. Nessa linha argumentativa, Pretty afirma que “[...] a degradação dos recursos naturais reduz a eficiência dos sistemas agrícolas, exigindo maiores investimentos para manter a produtividade” (2008, p. 67), evidenciando que os impactos ambientais possuem repercussões diretas sobre a viabilidade econômica das atividades rurais. Tilman (2002, p. 672) afirma que “[...] práticas intensivas podem aumentar a produção no curto prazo, mas frequentemente levam à degradação dos sistemas que sustentam essa produção”, indicando que há uma tensão estrutural entre produtividade imediata e sustentabilidade de longo prazo. Dando sequência a essa discussão, a pesca também é afetada pela degradação dos ecossistemas aquáticos, uma vez que a contaminação da água, a eutrofização e o assoreamento reduzem a disponibilidade de espécies e alteram seus ciclos de reprodução, impactando diretamente a atividade pesqueira. Em termos energéticos, a redução da capacidade de armazenamento de água em reservatórios, decorrente do acúmulo de sedimentos, compromete a geração de energia hidrelétrica, aumentando a vulnerabilidade dos sistemas energéticos. De maneira mais ampla, observa-se que esses impactos econômicos não se distribuem de forma homogênea, afetando de maneira mais intensa regiões e populações que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência. Ao considerar esse quadro, a degradação ambiental impõe custos adicionais à sociedade, seja por meio da necessidade de recuperação de áreas degradadas, seja pela perda de serviços ecossistêmicos que anteriormente eram fornecidos de forma gratuita pela natureza. Em termos estruturais, essa dinâmica evidencia que a exploração intensiva dos recursos naturais pode gerar ganhos econômicos imediatos, mas tende a produzir perdas acumulativas que comprometem a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Em face dessas interações, a dimensão econômica da degradação ambiental não pode ser dissociada de suas bases ecológicas, abrindo espaço para aprofundar a análise sobre os limites e as contradições dos modelos de desenvolvimento que sustentam essas dinâmicas.

Na continuidade dessa reflexão, a vulnerabilização das populações humanas emerge como um dos desdobramentos mais evidentes da degradação ambiental, sobretudo quando se observa que os impactos ecológicos se traduzem em restrições

concretas ao acesso a recursos essenciais, como água, alimento e território. Sob esse prisma analítico, as comunidades que dependem diretamente dos sistemas naturais, como agricultores familiares, pescadores artesanais e populações tradicionais, enfrentam perdas significativas em suas condições de vida à medida que os ecossistemas se degradam. Sen (1999) afirma que “[...] a pobreza não se limita à falta de renda, mas inclui a privação de capacidades essenciais para viver com dignidade” (p. 87), indicando que a degradação ambiental pode ampliar desigualdades ao restringir oportunidades e meios de subsistência. Shiva (2000, p. 56) endossa que “[...] a destruição dos ecossistemas compromete diretamente os meios de vida das populações que deles dependem”, evidenciando que a relação entre ambiente e sociedade é profundamente interdependente. A escassez de água, resultante da contaminação e da alteração dos ciclos hidrológicos, afeta tanto o consumo humano quanto a produção agrícola, intensificando situações de insegurança hídrica e alimentar. Em termos sociais, essa dinâmica pode levar ao deslocamento de populações, à intensificação de conflitos por recursos naturais e ao aumento da vulnerabilidade econômica. Logo, os impactos ambientais tendem a ser distribuídos de forma desigual, atingindo com maior intensidade grupos que possuem menor acesso a mecanismos de proteção e adaptação. Nessa direção, torna-se importante considerar que a degradação ambiental também afeta a saúde pública, uma vez que a exposição a contaminantes químicos e a redução da qualidade da água e dos alimentos podem desencadear diferentes tipos de doenças. Assim, sendo, essa realidade evidencia que a crise ambiental não pode ser dissociada de suas dimensões sociais, uma vez que os processos de degradação se articulam com desigualdades históricas e com padrões de desenvolvimento que privilegiam determinados grupos em detrimento de outros.

No âmbito dessa reflexão, os processos de assoreamento dos corpos hídricos configuram-se como uma expressão concreta das cadeias de degradação anteriormente discutidas, sobretudo quando se observa que o acúmulo de sedimentos nos leitos de rios e reservatórios constitui um dos resultados mais evidentes da interação entre erosão, formas de uso e ocupação do solo e a dinâmica hidrológica. Sob esse enfoque, o transporte contínuo de partículas, intensificado pela remoção da cobertura vegetal e pelo manejo inadequado do solo, favorece a deposição de materiais que reduzem a profundidade dos corpos d’água, alterando significativamente sua capacidade de armazenamento e seu regime de fluxo. Schumm (1977) afirma que “[...] a produção e o transporte de sedimentos são respostas diretas às mudanças no uso da terra” (p. 89), indicando que as

transformações antrópicas na superfície terrestre possuem efeitos imediatos sobre a dinâmica fluvial. García (2008, p. 245) endossa que “[...] o acúmulo de sedimentos em canais e reservatórios reduz a eficiência hidráulica e altera o comportamento do fluxo”, evidenciando que o assoreamento compromete não apenas a morfologia dos sistemas hídricos, mas também seu funcionamento. Logo, a redução da profundidade dos rios tende a aumentar a frequência de transbordamentos, uma vez que a capacidade de contenção da água se torna limitada, favorecendo eventos de inundação em períodos de chuvas intensas. Por outro lado, em períodos de estiagem, a diminuição do volume armazenado pode intensificar a escassez hídrica, evidenciando a instabilidade dos regimes hidrológicos. O assoreamento também afeta a fauna aquática, uma vez que a deposição de sedimentos pode alterar habitats, reduzir a disponibilidade de oxigênio e interferir nos ciclos reprodutivos de diversas espécies. Com o olhar ampliado, esses impactos se estendem às atividades humanas, comprometendo a navegação, a pesca e a geração de energia hidrelétrica. Neste sentido, a presença de sedimentos associados a contaminantes químicos amplia os riscos ambientais, uma vez que esses materiais podem atuar como vetores de poluição ao longo dos sistemas hídricos. Ao considerar esse conjunto de implicações, torna-se possível compreender que o assoreamento não é apenas um fenômeno geomorfológico, mas um processo que integra múltiplas dimensões da degradação ambiental, evidenciando os mecanismos que o desencadeiam e suas consequências para os ecossistemas.

Os rios são sistemas dinâmicos que se ajustam continuamente às mudanças no fornecimento de sedimentos e na descarga de água. Quando o equilíbrio entre esses fatores é alterado – frequentemente como resultado de atividades humanas, como desmatamento, agricultura e perturbação do solo – as cargas de sedimentos podem aumentar drasticamente. Esse excesso de sedimento é transportado rio abaixo e depositado nos canais fluviais, nas planícies de inundação e em reservatórios. Com o tempo, essa deposição pode reduzir a profundidade dos canais, alterar os padrões de fluxo e diminuir a capacidade dos rios de conduzir água de maneira eficiente. Essas mudanças não apenas modificam a estrutura física dos sistemas aquáticos, mas também influenciam os processos ecológicos, a qualidade da água e a sustentabilidade dos usos humanos dos ambientes fluviais (Wohl, 2014, p. 72, citação nossa).

Logo, em continuidade à análise dos encadeamentos ambientais, a compreensão dos processos de eutrofização enquanto manifestação direta da contaminação por nutrientes nos sistemas aquáticos, sobretudo quando se observa que o enriquecimento excessivo de nitrogênio e fósforo altera profundamente o equilíbrio biogeoquímico desses

ambientes. A partir disso, a introdução contínua de fertilizantes agrícolas, transportados por escoamento superficial ou infiltração, cria condições favoráveis ao crescimento acelerado de algas e cianobactérias, o que modifica a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos. Smith (2003) pontua que “[...] a eutrofização é um dos principais problemas ambientais associados ao aumento da carga de nutrientes em águas continentais” (p. 127), indicando que esse fenômeno se configura como um processo amplamente disseminado em contextos de uso intensivo do solo. Odum (1983, p. 211) afirma que “[...] o excesso de nutrientes pode levar a desequilíbrios que afetam a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas aquáticos”, evidenciando que o aumento da biomassa algal não representa necessariamente um ganho ecológico, mas sim um sinal de desorganização sistêmica. Dito isso, a decomposição da matéria orgânica produzida por esse crescimento excessivo consome grandes quantidades de oxigênio dissolvido, criando condições de hipóxia ou anóxia que comprometem a sobrevivência de peixes e outros organismos aquáticos. Essa redução de oxigênio pode levar à formação de zonas mortas, nas quais a vida aquática se torna limitada ou inexistente. Em uma perspectiva ampliada, percebe-se que a eutrofização também afeta a qualidade da água para consumo humano, uma vez que a presença de algas e toxinas pode dificultar o tratamento e aumentar os riscos à saúde. A alteração das propriedades físico-químicas da água interfere em processos como a penetração da luz e a temperatura, impactando a fotossíntese e o metabolismo dos organismos. Ao considerar essas interações, a eutrofização não ocorre de forma isolada, mas está associada a outros processos de degradação, como o assoreamento e a contaminação química, que ampliam seus efeitos. Assim, esse fenômeno representa um elo fundamental nas cadeias de degradação ambiental, conectando práticas agrícolas, dinâmica hidrológica e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, evidenciando os mecanismos que sustentam essas interações e suas implicações para a sustentabilidade dos sistemas naturais.

Na continuidade dessa linha de análise, torna-se imprescindível compreender os ecossistemas brasileiros como um grande sistema interdependente, no qual fluxos atmosféricos, hidrológicos e biogeoquímicos conectam biomas distintos em uma dinâmica contínua, que ultrapassa qualquer tentativa de fragmentação analítica isolada. Dessa maneira, quando se observa a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, percebe-se que não se trata de unidades independentes, mas de partes de uma engrenagem ecológica integrada, na qual a alteração em um componente repercute diretamente nos demais.

Malhi (2008, p. 12) afirma que “[...] a floresta amazônica atua como um sistema de bombeamento de umidade que influencia extensas áreas do continente”, indicando que a evapotranspiração da floresta gera massas de ar úmido que se deslocam, formando os chamados rios voadores. Nobre destaca que “[...] a reciclagem de umidade pela floresta é responsável por sustentar regimes de chuva em regiões distantes” (2014, p. 35), evidenciando que a dinâmica amazônica condiciona diretamente a disponibilidade hídrica em outras regiões do país. A partir dessa articulação, torna-se possível compreender, de maneira mais detalhada, como o desmatamento inicia um processo em cadeia: inicialmente, a retirada da cobertura vegetal reduz a evapotranspiração, diminuindo a liberação de vapor d’água na atmosfera. em seguida, essa redução interfere na formação de nuvens, alterando os padrões de precipitação. posteriormente, a diminuição das chuvas afeta a umidade do solo, reduzindo a recarga hídrica e comprometendo a vegetação remanescente. Somam-se a isso, as queimadas, frequentemente associadas ao desmatamento, liberam partículas e gases que alteram a composição da atmosfera, intensificando processos de aquecimento e modificando a circulação de massas de ar. De modo complementar, o avanço do garimpo introduz outra dimensão de degradação, na qual o uso de mercúrio na extração de ouro contamina rios e sedimentos, sendo incorporado por organismos aquáticos e, posteriormente, acumulado ao longo da cadeia alimentar. Nessa caminhada, o mercúrio dissolvido na água é transformado em metilmercúrio por microrganismos, tornando-se altamente tóxico e bioacumulativo, afetando peixes e, conseqüentemente, populações humanas que dependem desses recursos. Assim sendo, a remoção da vegetação e a movimentação do solo associadas ao garimpo intensificam a erosão, aumentando o transporte de sedimentos e contribuindo para o assoreamento dos rios, o que reduz sua profundidade e altera o fluxo hídrico. Nesse cenário, observa-se que a biodiversidade sofre impactos significativos, tanto pela perda de habitats quanto pela contaminação ambiental, enquanto povos tradicionais enfrentam a degradação de seus territórios e de seus modos de vida. Em verdade, ao integrar essas múltiplas dimensões, torna-se possível compreender que a Amazônia não apenas sofre os efeitos da degradação, mas também atua como elemento-chave na regulação climática e hidrológica do país, de modo que suas transformações desencadeiam processos que se estendem muito além de seus limites geográficos.

Prosseguindo com esse raciocínio, torna-se relevante deslocar o foco para o Cerrado, compreendido não apenas como um bioma de savana, mas como um sistema

hidrológico estratégico cuja estrutura subterrânea sustenta grande parte das nascentes que alimentam as principais bacias hidrográficas do país. Nesse horizonte interpretativo, a expansão agrícola intensiva inicia-se com a remoção da vegetação nativa, processo que, ao eliminar a cobertura vegetal profunda e adaptada, expõe o solo a processos físicos de compactação e perda de estrutura. Esse desequilíbrio se intensifica quando máquinas pesadas comprimem o solo, reduzindo sua porosidade e, conseqüentemente, sua capacidade de infiltração de água. Klink e Machado (2005) afirmam que “[...] a conversão do Cerrado para agricultura altera profundamente os fluxos hidrológicos e a dinâmica do solo”, evidenciando que a substituição da vegetação nativa compromete funções ecológicas essenciais. Lal (2001, p. 447) por vez endossa que “[...] a degradação do solo em áreas agrícolas intensivas está diretamente associada à perda de matéria orgânica e à erosão acelerada”, indicando que a produtividade agrícola, paradoxalmente, pode gerar sua própria instabilidade. O uso massivo de agroquímicos, aplicado inicialmente para potencializar a produção, passa a interagir com esse solo fragilizado, facilitando a lixiviação de substâncias químicas que penetram no perfil do solo e atingem os aquíferos. Esse processo ocorre de forma gradual: a água da chuva dissolve fertilizantes e pesticidas, transportando-os para camadas mais profundas, onde se acumulam ou seguem em direção às nascentes. Nesse encadeamento, a degradação das nascentes não ocorre de forma abrupta, mas por meio de uma sequência de alterações que incluem redução da infiltração, diminuição da recarga hídrica e aumento do escoamento superficial. Como consequência, a água que antes infiltrava e alimentava lençóis freáticos passa a escorrer pela superfície, carregando partículas de solo e resíduos químicos, intensificando a erosão e contribuindo para o assoreamento de cursos d’água. Esse processo, por sua vez, reduz a disponibilidade hídrica ao longo do tempo, afetando tanto ecossistemas quanto atividades humanas dependentes desses recursos. O Cerrado, em verdade, exerce um papel fundamental como regulador hídrico, funcionando como uma espécie de “caixa d’água” natural do país, cuja integridade é essencial para a manutenção dos fluxos hídricos que alimentam outros biomas. Nessa direção, degradação desse bioma não permanece confinada ao seu território, mas repercute em sistemas conectados, alterando o equilíbrio hidrológico em escalas mais amplas. Em verdade, a transformação do Cerrado não representa apenas uma mudança local, mas um processo que reconfigura profundamente a dinâmica ambiental do país, abrindo caminho para examinar como esses efeitos se propagam em direção a

outros sistemas, como o Pantanal, e como se consolidam em padrões mais amplos de degradação ambiental.

As mudanças no uso da terra têm efeitos profundos sobre os processos hidrológicos, especialmente em regiões onde a vegetação natural é substituída por sistemas agrícolas intensivos. A remoção da vegetação nativa de raízes profundas altera o equilíbrio entre infiltração e escoamento, frequentemente reduzindo a capacidade do solo de absorver e reter água. À medida que os solos se tornam compactados em decorrência de práticas agrícolas mecanizadas, sua estrutura se deteriora, levando à diminuição da porosidade e ao aumento do escoamento superficial. Essa mudança intensifica a erosão e facilita o transporte de sedimentos e resíduos de agroquímicos para cursos d'água e sistemas subterrâneos. Com o tempo, essas alterações podem reduzir a recarga de aquíferos, modificar os regimes de fluxo dos rios e comprometer a sustentabilidade dos recursos hídricos a longo prazo (Foley et al., 2005, p. 574, citação nossa).

Seguindo nessa linha compreensiva, desloca-se agora o olhar para o Pantanal, cuja dinâmica ecológica depende diretamente dos fluxos hidrológicos provenientes das áreas mais elevadas do Cerrado, configurando um sistema de planície alagável extremamente sensível às alterações ocorridas a montante. Nesse quadro interpretativo, o processo de assoreamento dos rios pantaneiros não se inicia na planície, mas nas regiões de cabeceira, onde a remoção da vegetação e a intensificação das atividades agropecuárias desencadeiam a erosão e o transporte de sedimentos. Conforme explica Junk (2006, p. 112), “[...] a dinâmica de inundação do Pantanal depende diretamente da quantidade e da qualidade da água que chega das áreas de drenagem superiores”, evidenciando que qualquer alteração nessas áreas repercute diretamente no regime de cheias. Hamilton afirma que “[...] o equilíbrio do pulso de inundação é fundamental para a manutenção da biodiversidade do Pantanal” (2010, p. 54), indicando que a regularidade das cheias constitui o eixo estruturante desse ecossistema. Ao detalhar esse processo, observa-se que o material erodido nas áreas do Cerrado é transportado pelas águas das chuvas, sendo carregado por cursos d'água que, ao alcançarem a planície pantaneira, perdem velocidade, favorecendo a deposição desses sedimentos. Esse acúmulo progressivo reduz a profundidade dos rios, altera seus canais e modifica o padrão de inundação, tornando-o mais irregular e, em alguns casos, mais intenso ou mais restrito. Esse desajuste no regime de cheias interfere diretamente nos ciclos biológicos das espécies, uma vez que muitas delas dependem das inundações sazonais para reprodução, alimentação e deslocamento. De modo concomitante, a ocorrência de queimadas, intensificada por períodos de seca mais prolongados, contribui para a degradação da vegetação e para a liberação de material

particulado, que pode ser posteriormente incorporado aos sistemas hídricos. As mudanças climáticas ampliam essa instabilidade, alterando padrões de precipitação e aumentando a frequência de eventos extremos, o que intensifica tanto enchentes quanto períodos de seca. Dessa forma, a biodiversidade pantaneira sofre pressões múltiplas, decorrentes não apenas das alterações locais, mas também de processos externos que se propagam ao longo do sistema. De maneira integrada, observa-se que o Pantanal funciona como um receptor dos impactos gerados em outros biomas, especialmente o Cerrado, evidenciando a existência de uma conexão ecológica que transcende limites territoriais. Ao considerar essas relações, torna-se possível compreender que a degradação desse bioma não pode ser analisada isoladamente, mas deve ser interpretada como resultado de um conjunto de interações que se desenvolvem em diferentes escalas espaciais e temporais, abrindo espaço para examinar, de forma mais ampla, como esses processos se articulam na formação de um sistema de degradação ambiental de caráter integrado.

Diante da ampliação do campo analítico, torna-se necessário compreender de forma ainda mais minuciosa como a interação entre poluição, desmatamento e uso intensivo de agroquímicos configura o núcleo explicativo dos processos de degradação ambiental sistêmica, especialmente quando se observa que tais vetores não atuam de maneira isolada, mas se reforçam mutuamente em cadeias contínuas de transformação do espaço natural. Nessa abordagem, percebe-se que a supressão da vegetação inicia um conjunto de alterações físicas no solo, reduzindo a proteção contra o impacto das chuvas e aumentando a desagregação de partículas, o que favorece a erosão. Morgan (2005) afirma que “[...] a remoção da cobertura vegetal expõe o solo à ação direta da chuva, intensificando o desprendimento e o transporte de sedimentos” (p. 73), evidenciando o papel central da vegetação na estabilidade do solo. Pimentel (2006, p. 224) afirma que “[...] a erosão do solo não apenas removem nutrientes, mas também transporta contaminantes para sistemas aquáticos”, indicando que o processo erosivo funciona como vetor de poluição difusa. Ao examinar esse encadeamento de forma detalhada, observa-se que as partículas de solo desprendidas passam a ser transportadas pelo escoamento superficial, carregando consigo resíduos de fertilizantes e pesticidas aplicados nas áreas agrícolas. Esse material, ao alcançar cursos d’água, altera a composição química da água, aumentando a concentração de nutrientes e substâncias tóxicas. Simultaneamente, a presença desses compostos químicos interfere nos processos biológicos dos ecossistemas aquáticos, afetando desde microrganismos até espécies de maior porte. Em um nível mais

aprofundado, a combinação entre sedimentos e contaminantes cria um ambiente propício à eutrofização e à redução do oxigênio dissolvido, comprometendo a sobrevivência de organismos aquáticos. Processo interdependente como a poluição atmosférica resultante de queimadas contribui para a deposição de partículas e compostos químicos sobre o solo e a água, ampliando ainda mais a carga de poluentes nos ecossistemas. Esse conjunto de interações evidencia que os processos de degradação não se desenvolvem de forma linear, mas em redes de causalidade múltipla, nas quais diferentes fatores se interligam e se retroalimentam. O assoreamento dos corpos hídricos emerge como uma manifestação visível dessas dinâmicas, refletindo a acumulação progressiva de sedimentos e contaminantes. Esse fenômeno, por sua vez, compromete a capacidade de armazenamento de água, altera fluxos hidrológicos e impacta diretamente atividades humanas, como abastecimento, agricultura e geração de energia. Ao integrar essas dimensões, compreende-se que a degradação ambiental sistêmica resulta da interação contínua entre processos físicos, químicos e biológicos, cuja complexidade exige abordagens analíticas capazes de captar suas múltiplas interdependências.

Ao ampliar o escopo interpretativo para abarcar as dimensões sociais e econômicas que atravessam os processos de degradação ambiental, torna-se indispensável compreender que as transformações ecológicas não se esgotam em alterações biofísicas, mas reverberam diretamente nas formas de organização da vida, nas práticas produtivas e nas condições de existência das populações que habitam esses territórios. A degradação ambiental atua como um processo cumulativo que, ao mesmo tempo em que compromete a integridade dos ecossistemas, reconfigura as relações sociais, intensificando desigualdades históricas e produzindo novas formas de vulnerabilidade. Turner (2003, p. 808) afirma que “[...] a vulnerabilidade não é apenas resultado de eventos naturais, mas da interação entre mudanças ambientais e estruturas sociais”, indicando que os impactos ambientais são socialmente mediados. Blaikie (1987, p. 29) afirma que “[...] a degradação do solo está profundamente enraizada nas relações econômicas e políticas que moldam o uso da terra”, evidenciando que as dinâmicas ecológicas são inseparáveis das estruturas de poder que orientam a ocupação e exploração dos territórios. Ao examinar essas interações em detalhe, a perda de fertilidade do solo, decorrente de processos erosivos e do uso intensivo de insumos químicos, afeta diretamente a produtividade agrícola, exigindo investimentos cada vez maiores para manter níveis mínimos de produção, o que tende a endividar pequenos produtores e a concentrar ainda mais a terra nas mãos de

grandes grupos econômicos. Em convergência, a contaminação de recursos hídricos por pesticidas e fertilizantes compromete o acesso à água potável, afetando a saúde das populações e aumentando os custos associados ao tratamento e à distribuição de água. Em territórios onde a pesca constitui base econômica e cultural, o assoreamento dos rios e a poluição reduzem a disponibilidade de espécies aquáticas, desestruturando modos de vida tradicionais e gerando insegurança alimentar. Em um encadeamento contínuo, observa-se que essas alterações não ocorrem de forma isolada, mas se acumulam ao longo do tempo, criando um ciclo no qual a degradação ambiental intensifica a vulnerabilidade social, e essa vulnerabilidade, por sua vez, limita a capacidade de resposta das comunidades, aprofundando ainda mais o problema. Em contextos urbanos e periurbanos, a degradação ambiental também se manifesta por meio de enchentes, escassez hídrica e poluição do ar, afetando de forma mais intensa populações em situação de maior precariedade, que frequentemente ocupam áreas de risco ou com infraestrutura insuficiente. Nesse contexto, a disputa por recursos naturais torna-se mais acirrada, gerando conflitos territoriais que envolvem diferentes atores, desde comunidades locais até grandes empreendimentos econômicos. Em verdade, percebe-se que a degradação ambiental não apenas compromete os sistemas naturais, mas também redefine as possibilidades de desenvolvimento, impondo limites materiais e sociais que desafiam modelos econômicos baseados na exploração intensiva dos recursos. Dessa maneira, ao integrar essas múltiplas dimensões, torna-se possível compreender que a sustentabilidade socioambiental exige uma abordagem que articule conservação ecológica, justiça social e viabilidade econômica, reconhecendo que a resolução dos problemas ambientais passa necessariamente pela transformação das estruturas que os produzem, abrindo espaço para a construção de políticas públicas mais integradas e sensíveis às complexidades desses processos.

A crise ambiental não pode ser compreendida apenas como um problema ecológico, mas como uma manifestação das contradições do modelo de desenvolvimento dominante, que articula processos econômicos, sociais e culturais de modo a degradar simultaneamente a natureza e as condições de vida de amplos setores da população. A degradação dos recursos naturais está estreitamente vinculada às estruturas de poder e aos padrões de apropriação do território, que geram desigualdade e exclusão. Dessa forma, os impactos ambientais não se distribuem de maneira homogênea, mas afetam com maior intensidade aqueles grupos que dependem diretamente dos ecossistemas para sua subsistência, aprofundando as desigualdades sociais existentes e limitando suas capacidades de resposta (Leff, 2001, p. 87, citação nossa).

Desse modo, a formação de processos de degradação ambiental sistêmica está diretamente associada à sobreposição e intensificação de diferentes vetores de pressão, cuja interação contínua produz efeitos que ultrapassam a soma de suas partes, configurando dinâmicas complexas e de difícil reversão. Nesse horizonte interpretativo, a combinação entre desmatamento, uso intensivo de agroquímicos e poluição atua como um mecanismo integrado de transformação do espaço natural, no qual cada elemento potencializa o outro. Foley (2005, p. 574) afirma que “[...] as mudanças no uso da terra representam uma das principais forças de alteração dos sistemas terrestres”, indicando que a conversão de ecossistemas naturais em áreas produtivas desencadeia uma série de efeitos em cascata. Rockström destaca que “[...] a transgressão de limites planetários compromete a estabilidade dos sistemas ambientais globais” (2009, p. 472), evidenciando que tais processos não se restringem a escalas locais, mas possuem implicações globais. Ao detalhar essas conexões, observa-se que o desmatamento reduz a proteção do solo, aumentando sua exposição à ação direta das chuvas, o que intensifica a erosão e o transporte de sedimentos. Enquanto isso, a aplicação de agroquímicos em áreas agrícolas introduz substâncias que, ao serem mobilizadas pela água, passam a integrar o fluxo de materiais transportados, ampliando a contaminação de solos e corpos hídricos. Nesse encadeamento, a poluição atmosférica, resultante de queimadas e atividades industriais, adiciona outra camada de complexidade, uma vez que partículas e compostos químicos podem ser depositados sobre o solo e a água, reforçando os processos de degradação. Diante dessa interação contínua, forma-se um ciclo no qual a degradação de um componente do sistema contribui para a deterioração de outros, criando um padrão de retroalimentação negativa. Em um nível mais aprofundado, esses processos alteram não apenas as características físicas e químicas dos ecossistemas, mas também suas funções ecológicas, como a regulação climática, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da biodiversidade. Em termos econômicos, a degradação ambiental sistêmica compromete atividades produtivas ao reduzir a disponibilidade de recursos naturais e aumentar os custos associados à sua exploração. Do ponto de vista social, observa-se que esses impactos tendem a se concentrar em populações mais vulneráveis, ampliando desigualdades e limitando oportunidades de desenvolvimento. Em uma leitura integrada, evidencia-se que a degradação ambiental sistêmica não pode ser compreendida como resultado de fatores isolados, mas como expressão de um conjunto de interações que se desenvolvem em múltiplas escalas e dimensões. Logo, torna-se possível compreender que

a superação desses desafios exige abordagens que articulem diferentes áreas do conhecimento e que promovam a integração entre políticas ambientais, econômicas e sociais, abrindo caminho para a construção de estratégias mais eficazes de enfrentamento dos processos de degradação ambiental.

Prosseguindo, o assoreamento se configura como a expressão visível e material dos processos de degradação ambiental sistêmica, funcionando como uma espécie de síntese concreta das transformações que ocorrem simultaneamente no solo, na água e na paisagem. Nessa linha de interpretação, esse desequilíbrio ambiental, não surge de maneira súbita, mas resulta de uma sequência encadeada de eventos que se iniciam com a alteração da cobertura vegetal e avançam por meio de processos físicos e químicos interdependentes. Walling (2006) afirma que “[...] o transporte de sedimentos constitui um indicador fundamental das mudanças no uso da terra e na estabilidade das bacias hidrográficas” (p. 16), indicando que a presença de sedimentos nos rios reflete diretamente intervenções antrópicas na paisagem. Syvitski, (2005, p. 132) afirma que “[...] as atividades humanas têm aumentado significativamente o fluxo de sedimentos para os sistemas fluviais”, evidenciando que a ação humana intensifica a dinâmica natural desses processos. Assim, observa-se que, inicialmente, a remoção da vegetação reduz a rugosidade da superfície do solo, facilitando o escoamento da água das chuvas. em seguida, essa água, ao ganhar velocidade, desprende partículas do solo, iniciando o processo erosivo. posteriormente, essas partículas são transportadas ao longo da superfície até alcançarem cursos d’água, onde passam a integrar o fluxo sedimentar. Nesse percurso, o solo transportado frequentemente carrega consigo nutrientes e contaminantes, ampliando o impacto ambiental. Ao atingir os rios, a diminuição da velocidade da água em determinados trechos favorece a deposição desses materiais, que se acumulam gradualmente no leito, reduzindo sua profundidade e alterando sua morfologia. Esse processo interfere diretamente na capacidade de vazão dos rios, aumentando o risco de transbordamentos durante períodos chuvosos e reduzindo a disponibilidade hídrica em períodos de seca. Em um nível mais aprofundado, o assoreamento também altera habitats aquáticos, modificando substratos, reduzindo a transparência da água e afetando a disponibilidade de oxigênio, o que impacta a fauna e a flora aquáticas. Essas alterações, por seu turno, podem desencadear mudanças na composição das espécies, favorecendo organismos mais tolerantes a condições adversas e reduzindo a diversidade biológica. Percebe-se, desse modo, que o assoreamento

compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como o abastecimento de água, a regulação de cheias e a manutenção da qualidade ambiental. Ao integrar essas dimensões, compreende-se que o assoreamento não é apenas um efeito isolado, mas a materialização de processos mais amplos de degradação, cuja compreensão exige a análise articulada das múltiplas interações que ocorrem entre os diferentes componentes dos sistemas ambientais.

Partindo de uma abordagem que privilegia a integração entre dimensões ecológicas, sociais e econômicas, torna-se fundamental compreender que os impactos ambientais não se distribuem de maneira homogênea, mas se materializam de forma diferenciada nos territórios, afetando tanto a dinâmica dos ecossistemas quanto as formas de organização social e produtiva. A degradação ambiental, ao comprometer a qualidade do solo, da água e da biodiversidade, altera diretamente as bases materiais que sustentam atividades econômicas e modos de vida, gerando efeitos que se propagam em múltiplas escalas. Daily (1997, p. 4) afirma que “[...] os serviços ecossistêmicos são essenciais para a sustentação das economias e das sociedades humanas”, indicando que a integridade ambiental constitui um elemento estruturante do desenvolvimento. Martinez-Alier destaca que “[...] os conflitos ambientais emergem da distribuição desigual dos custos ecológicos e dos benefícios econômicos” (2002, p. 13), evidenciando que a degradação ambiental está profundamente associada a processos de desigualdade e disputa por recursos. A perda de fertilidade do solo reduz a produtividade agrícola, o que pode levar à intensificação do uso de insumos químicos, ampliando a degradação ambiental e elevando os custos de produção. Em regiões dependentes de recursos hídricos, a contaminação da água compromete não apenas o abastecimento humano, mas também atividades como irrigação, pesca e geração de energia, afetando diretamente a economia local. Em áreas urbanas, a degradação ambiental manifesta-se por meio de enchentes, escassez hídrica e poluição, impactando de forma mais intensa populações em situação de vulnerabilidade, que frequentemente dispõem de menor acesso a infraestrutura e serviços. Em uma leitura mais refinada, esses impactos tendem a se acumular, criando um ciclo no qual a degradação ambiental reduz as oportunidades econômicas, ao mesmo tempo em que a busca por sobrevivência pode intensificar práticas que agravam ainda mais o problema. Esse movimento evidencia a existência de uma relação intrínseca entre degradação ambiental e desigualdade social, na qual os custos ambientais são frequentemente externalizados para grupos mais vulneráveis. Em termos mais amplos, a

sustentabilidade socioambiental não pode ser compreendida apenas como a conservação dos recursos naturais, mas como a construção de um equilíbrio entre as dimensões ecológica, social e econômica. Esse equilíbrio, no entanto, não se estabelece de forma espontânea, exigindo a implementação de políticas públicas que considerem as interdependências entre esses diferentes aspectos. Ao integrar esses aspectos, compreende-se que os desafios ambientais contemporâneos demandam abordagens que articulem diferentes escalas de análise e diferentes campos do conhecimento, abrindo espaço para a construção de estratégias que sejam capazes de enfrentar a complexidade dos processos de degradação ambiental e de promover formas mais justas e sustentáveis de desenvolvimento.

A mudança climática não é apenas uma questão ambiental. trata-se de um profundo desafio econômico e social que expõe e amplia desigualdades já existentes. Os impactos da degradação ambiental não são distribuídos de forma equitativa, mas recaem de maneira desproporcional sobre aqueles que menos contribuíram para sua geração e que possuem menor capacidade de adaptação. Essa dinâmica reflete um padrão mais amplo no qual os danos ecológicos comprometem os próprios sistemas que sustentam o bem-estar humano, incluindo a produção de alimentos, a disponibilidade de água e a estabilidade econômica. Enfrentar esses desafios, portanto, exige não apenas a proteção ambiental, mas também a transformação das estruturas econômicas que impulsionam a exploração de recursos e distribuem seus custos e benefícios de maneira tão desigual (Klein, 2014, p. 28, citação nossa).

Partindo de uma leitura que privilegia a necessidade de respostas estruturantes diante da complexidade dos processos ambientais, examinar o papel das políticas públicas como elemento capaz de reorganizar as relações entre sociedade e natureza, especialmente quando se considera que a degradação ambiental sistêmica resulta de padrões de produção e uso do território institucionalmente consolidados. Sob esse enquadramento, a ausência ou fragilidade de instrumentos regulatórios adequados contribui para a intensificação de práticas predatórias, ao mesmo tempo em que limita a capacidade de intervenção do Estado na mitigação dos impactos ambientais. Ostrom destaca que “[...] a gestão sustentável de recursos comuns depende de instituições capazes de regular o uso e promover a cooperação” (1990, p. 90, tradução nossa), evidenciando que a governança ambiental constitui um fator central para a preservação dos ecossistemas. Young (2002, p. 19) afirma que “[...] regimes institucionais eficazes são fundamentais para lidar com problemas ambientais complexos”, indicando que a coordenação entre diferentes atores é essencial para enfrentar desafios de grande escala.

Ao examinar esse quadro, políticas públicas fragmentadas tendem a tratar isoladamente problemas que, na realidade, estão interligados, o que reduz sua eficácia e pode gerar efeitos colaterais indesejados. Em contextos nos quais a expansão econômica ocorre sem planejamento integrado, a ocupação do território frequentemente desconsidera limites ecológicos, favorecendo a degradação de solos, a contaminação de recursos hídricos e a perda de biodiversidade. Em um encadeamento mais amplo, a ausência de fiscalização efetiva permite a continuidade de práticas ilegais, como desmatamento e garimpo, ampliando os impactos ambientais e sociais. A falta de integração entre políticas ambientais, agrícolas e econômicas dificulta a construção de estratégias que conciliem produção e conservação, perpetuando modelos de desenvolvimento insustentáveis. Em termos operacionais, observa-se que a implementação de políticas públicas eficazes exige não apenas instrumentos normativos, mas também mecanismos de monitoramento, participação social e articulação institucional. Em territórios marcados por elevada vulnerabilidade, a presença de políticas integradas pode contribuir para reduzir desigualdades, promover o uso sustentável dos recursos naturais e fortalecer a resiliência das comunidades. Nessas configurações, a construção de políticas públicas estruturantes demanda a incorporação de conhecimentos científicos, saberes locais e práticas tradicionais, de modo a garantir que as soluções propostas sejam adequadas às especificidades de cada contexto. Em verdade, ao integrar esses componentes, o enfrentamento da degradação ambiental sistêmica exige uma abordagem que vá além de intervenções pontuais, articulando diferentes escalas de governança e promovendo a transformação das bases que sustentam os processos de exploração ambiental, abrindo caminho para a construção de modelos de desenvolvimento mais equilibrados e sustentáveis.

Assim, à luz da complexidade dos processos analisados nesta pesquisa, torna-se fundamental reconhecer que a degradação ambiental sistêmica não constitui um fenômeno episódico ou localizado, mas sim a expressão de um modelo de relação sociedade-natureza estruturado pela intensificação do uso dos recursos naturais e pela fragmentação das formas de gestão ambiental, o que exige um deslocamento analítico em direção a abordagens integradas e interdisciplinares. Dito isso, os diferentes vetores examinados, como o desmatamento, poluição e uso intensivo de agroquímicos, operam de forma simultânea e interdependente, criando um padrão de transformação ambiental que se consolida ao longo do tempo e que se materializa em processos como o

assoreamento, a perda de biodiversidade e a instabilidade hidrológica. Berkes (2012) afirma que “[...] sistemas socioecológicos são caracterizados por interações complexas entre componentes humanos e naturais” (p. 14), evidenciando que a compreensão desses fenômenos exige a superação de abordagens reducionistas. Leff sublinha que “[...] a crise ambiental é uma crise de civilização que questiona os fundamentos do modelo de desenvolvimento” (2001, p. 56), indicando que os problemas ambientais estão enraizados em dimensões estruturais da organização social e econômica. A continuidade dos processos de degradação tende a comprometer não apenas os ecossistemas, mas também as condições de reprodução social, uma vez que a redução da disponibilidade de recursos naturais impacta diretamente atividades produtivas e modos de vida. Em territórios nos quais a economia depende fortemente da exploração ambiental, a degradação pode gerar um ciclo no qual a diminuição da produtividade leva à intensificação do uso dos recursos, aprofundando ainda mais o problema. Em contextos urbanos, os efeitos se manifestam por meio de eventos extremos, como enchentes e escassez hídrica, que afetam a infraestrutura e a qualidade de vida da população. Entre os biomas brasileiros, reforça a necessidade de considerar o território como um sistema integrado, no qual intervenções locais podem produzir efeitos em escalas mais amplas. Nesse cenário, a formulação de políticas públicas estruturantes torna-se um elemento central para enfrentar os desafios ambientais, exigindo a articulação entre diferentes níveis de governança e a incorporação de múltiplos saberes. Em verdade, é preciso compreender que a sustentabilidade socioambiental depende da construção de estratégias que reconheçam a complexidade dos sistemas naturais e sociais, promovendo formas de desenvolvimento que conciliem a conservação ambiental com a justiça social e a viabilidade econômica, mantendo aberto o campo de reflexão para aprofundamentos futuros acerca das possibilidades de transformação dessas dinâmicas.

#### **4 CONCLUSÃO**

Partindo do percurso analítico construído ao longo do estudo, torna-se possível reconhecer que os processos de degradação ambiental observados nos ecossistemas brasileiros não operam de forma isolada, mas emergem de uma dinâmica profundamente interdependente entre diferentes vetores de pressão antrópica, os quais se articulam e se reforçam mutuamente. Ao reunir os elementos discutidos, evidencia-se que a poluição, o

desmatamento e o uso intensivo de agroquímicos não apenas coexistem no território, mas se combinam em cadeias processuais que amplificam seus efeitos, produzindo transformações cumulativas e, muitas vezes, irreversíveis. Nesse movimento, a supressão da cobertura vegetal expõe o solo, fragiliza sua estrutura e altera seu equilíbrio físico-químico, criando condições favoráveis para a intensificação da erosão, enquanto os resíduos químicos oriundos das práticas agrícolas passam a ser mobilizados pelo escoamento superficial, alcançando cursos d'água e desencadeando processos mais amplos de contaminação e assoreamento, os quais, por sua vez, retroalimentam o ciclo de degradação ao comprometer a funcionalidade dos sistemas naturais.

Ao observar com maior atenção os desdobramentos desses processos, percebe-se que a degradação do solo assume um papel central como “elo” articulador entre diferentes formas de impacto ambiental, uma vez que sua perda de estrutura, fertilidade e capacidade de retenção hídrica desencadeia uma série de efeitos em cadeia que extrapolam os limites locais. À medida que o solo se torna mais suscetível à erosão hídrica e eólica, partículas são continuamente removidas e transportadas, carregando consigo nutrientes, matéria orgânica e contaminantes químicos, o que resulta não apenas na diminuição da produtividade agrícola, mas também na intensificação do assoreamento de rios, lagos e reservatórios. Esse processo, longe de ser linear, envolve múltiplas interações, nas quais a redução da infiltração da água no solo aumenta o escoamento superficial, o que, por sua vez, acelera o transporte de sedimentos e amplia a carga de poluentes nos corpos hídricos, estabelecendo um circuito de retroalimentação que compromete, simultaneamente, os sistemas terrestres e aquáticos.

Em articulação com esses mecanismos, os impactos sobre os recursos hídricos revelam uma dimensão particularmente crítica da degradação ambiental, sobretudo quando se considera a complexidade dos processos hidrológicos que sustentam os ecossistemas brasileiros. A presença de fertilizantes e pesticidas nos cursos d'água, resultante da lixiviação e do carreamento de partículas contaminadas, contribui para fenômenos como a eutrofização, que altera profundamente a composição química da água, reduz os níveis de oxigênio dissolvido e afeta diretamente a sobrevivência de espécies aquáticas. Paralelamente, a deposição contínua de sedimentos reduz a profundidade dos rios e modifica seu fluxo, interferindo na dinâmica das cheias e secas e comprometendo a capacidade de armazenamento de água em reservatórios. Nesse contexto, a água deixa de desempenhar plenamente suas funções ecológicas e sociais,

passando a refletir os efeitos acumulados das pressões exercidas sobre o território, o que evidencia a interdependência entre os processos de degradação e a fragilização dos sistemas de suporte à vida.

Ao ampliar o olhar para os diferentes biomas brasileiros, torna-se evidente que essas dinâmicas assumem configurações específicas, embora interligadas, em cada contexto ecológico. Na Amazônia, o desmatamento e as queimadas não apenas reduzem a biodiversidade e afetam diretamente os modos de vida de populações tradicionais, mas também interferem no regime de chuvas em escala regional e nacional, alterando os fluxos de umidade e impactando outros biomas. No Cerrado, a expansão agrícola intensiva, associada ao uso massivo de agroquímicos, tem contribuído para a degradação de nascentes e para a intensificação da erosão, comprometendo seu papel como regulador hídrico do país. Já no Pantanal, os efeitos dessas transformações são percebidos por meio do assoreamento de rios, das alterações no regime de cheias e da redução da biodiversidade, frequentemente agravados por processos que se originam em áreas a montante. Essa interconexão entre biomas revela que a degradação ambiental não pode ser compreendida a partir de recortes isolados, mas exige uma abordagem integrada que considere os fluxos ecológicos que atravessam o território.

A partir dessa leitura integrada, torna-se possível compreender que os impactos ambientais não se limitam às dimensões ecológicas, estendendo-se de maneira significativa às esferas sociais e econômicas, nas quais se manifestam sob a forma de insegurança hídrica, perda de produtividade agrícola, redução da pesca e aumento da vulnerabilidade de populações que dependem diretamente dos recursos naturais. A degradação dos ecossistemas compromete os chamados serviços ecossistêmicos, essenciais para a manutenção da vida e para o funcionamento das atividades humanas, ao mesmo tempo em que intensifica desigualdades socioambientais, uma vez que seus efeitos recaem de forma mais intensa sobre grupos socialmente vulnerabilizados. Nesse sentido, os processos analisados evidenciam que a crise ambiental não pode ser dissociada das estruturas econômicas e políticas que orientam o uso do território, indicando a necessidade de repensar os modelos de desenvolvimento que sustentam essas dinâmicas.

Desse modo, ao considerar o conjunto dos achados, torna-se evidente que a intensificação dos processos de degradação ambiental e assoreamento nos ecossistemas brasileiros resultam de uma interação complexa entre diferentes vetores de pressão, cuja atuação combinada produz efeitos sistêmicos que desafiam respostas fragmentadas. A

compreensão desses processos exige, portanto, não apenas a análise de suas causas imediatas, mas também a consideração de suas inter-relações e de seus desdobramentos em diferentes escalas. Nesse horizonte, a construção de alternativas passa necessariamente pela adoção de abordagens integradas, capazes de articular dimensões ecológicas, sociais e econômicas, bem como pelo fortalecimento de políticas públicas que promovam a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade dos territórios, abrindo espaço para reflexões mais amplas sobre os caminhos possíveis diante das transformações em curso.

## REFERÊNCIAS

- BECK, U. **Risk society: towards a new modernity**. London: Sage, 2008.
- BECK, U. **The metamorphosis of the world**. Cambridge: Polity Press, 2016.
- BLANCO-CANQUI, H. **No-tillage and soil physical environment**. *Geoderma*, v. 150, p. 1–2, 2008.
- CAPRA, F. **The web of life**. New York: Anchor Books, 1997.
- CAPRA, F. **The hidden connections**. New York: Anchor Books, 2006.
- CARSON, R. **Silent spring**. Boston: Houghton Mifflin, 1962.
- CARSON, R. **Lost woods: the discovered writing of Rachel Carson**. Boston: Beacon Press, 1998.
- CARSON, R. **Silent spring (50th anniversary edition)**. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.
- COMMONER, B. **Making peace with the planet**. New York: Pantheon Books, 2014.
- COMMONER, B. **The closing circle**. New York: Dover Publications, 2015.
- COSTANZA, R. et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *Nature*, v. 387, p. 253–260, 1997.
- COSTANZA, R. et al. **Changes in the global value of ecosystem services**. *Global Environmental Change*, v. 26, p. 152–158, 2014.
- CRONON, W. **Nature's metropolis: Chicago and the Great West**. New York: W. W. Norton, 1991.
- CRONON, W. **Uncommon ground: rethinking the human place in nature**. New York: W. W. Norton, 2003.

DALY, H. **Steady-state economics**. Washington: Island Press, 1994.

DALY, H. **Beyond growth**. Boston: Beacon Press, 1997.

DALY, H. **Ecological economics and sustainable development**. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.

DIAMOND, J. **The world until yesterday**. New York: Viking, 2013.

DIAMOND, J. **Collapse: how societies choose to fail or succeed**. New York: Penguin, 2014.

DIAMOND, J. **Upheaval: turning points for nations in crisis**. New York: Little, Brown, 2019.

DOS SANTOS, C. A. G. et al. Economia circular e desenvolvimento sustentável: compostabilidade, biodegradação e inovação em biopolímeros e compósitos renováveis para aplicações estruturais, agrícolas e embalagens. **ARACÊ**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. e12504, 2026. DOI: 10.56238/arev8n3-055. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/12504>. Acesso em: 21 fev. 2026.

DOS SANTOS, A. N. S. et al. Justiça ambiental e os impactos na saúde dos trabalhadores rurais e comunidades do campo: agrotóxicos, desastres ambientais e contaminação hídrica. **ARACÊ**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 13724–13752, 2025. DOI: 10.56238/arev7n3-208. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/3971>. Acesso em: 21 fev. 2026.

DOS SANTOS, A. N. S. et al. Resíduos sólidos e design sustentável – uma análise da reciclagem na “economia circular” à luz da agenda 2030. **ARACÊ**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 7365–7391, 2025. DOI: 10.56238/arev7n2-164. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/3335>. Acesso em: 21 fev. 2026.

EHRlich, P. **The population bomb**. New York: Ballantine Books, 1986.

FELIPPE, J. N. de O. et al. Agroflorestas urbanas como rewilding social – Restaurar cadeias ecológicas, reduzir ilhas de calor urbano, ampliar a biodiversidade e promover saúde em cidades sustentáveis. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 23(11), e12155. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n11-047> Acesso em 21 fev. 2026.

FELIPPE, J. N. de O. et a. Colheita em risco – os impactos das mudanças climáticas na produção de frutas, legumes e verduras no Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 23(7), e10514. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n7-001> Acesso em 21 fev. 2026.

FLICK, U. **An introduction to qualitative research**. London: Sage, 2013.

- FOSTER, J. B. **Marx's ecology**. New York: Monthly Review Press, 2000.
- FOSTER, J. B. **The return of nature**. New York: Monthly Review Press, 2020.
- GIDDENS, A. **Runaway world**. London: Routledge, 2000.
- GIDDENS, A. **The politics of climate change**. Cambridge: Polity Press, 2010.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- HARDIN, G. **Exploring new ethics for survival**. New York: Viking Press, 1973.
- HARDIN, G. **Filters against folly**. New York: Viking Press, 1986.
- HARDIN, G. **The tragedy of the commons**. *Science*, v. 162, p. 1243–1248, 1999.
- HARVEY, D. **The anti-capitalist chronicles**. London: Pluto Press, 2021.
- KIRKBY, M. J. **Hillslope hydrology**. Chichester: Wiley, 1978.
- KLEIN, N. **No logo**. New York: Picador, 2000.
- KLEIN, N. **The shock doctrine**. New York: Metropolitan Books, 2008.
- KLEIN, N. **This changes everything**. New York: Simon & Schuster, 2014.
- KLEIN, N. **On fire**. New York: Simon & Schuster, 2019.
- LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura**. Petrópolis: Vozes, 1998.
- LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.
- LEFF, E. **Racionalidade ambiental**. Petrópolis: Vozes, 2006.
- LEOPOLD, A. **A sand county almanac**. New York: Oxford University Press, 1994.
- LEOPOLD, A. **A sand county almanac (updated edition)**. New York: Oxford University Press, 2020.
- LOVELOCK, J. **Gaia: a new look at life on Earth**. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- LOVELOCK, J. **The vanishing face of Gaia**. London: Allen Lane, 2009.
- LOVELOCK, J. **Novacene**. London: Allen Lane, 2019.
- LYNAS, M. **Six degrees**. London: Fourth Estate, 2007.
- LYNAS, M. **The God species**. London: Fourth Estate, 2011.

LYNAS, M. **Our final warning**. London: HarperCollins, 2020.

MARTINEZ-ALIER, J. **The environmentalism of the poor**. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

MARTINEZ-ALIER, J. **The economics of ecological conflicts**. Cheltenham: Edward Elgar, 2011.

MCKIBBEN, B. **Enough: staying human in an engineered age**. New York: Times Books, 2003.

MCKIBBEN, B. **Deep economy**. New York: Times Books, 2007.

MCKIBBEN, B. **Eaarth**. New York: Times Books, 2010.

MCKIBBEN, B. **Falter**. New York: Henry Holt, 2019.

MEADOWS, D. et al. **The limits to growth**. New York: Universe Books, 1972.

MEADOWS, D. et al. **Beyond the limits**. White River Junction: Chelsea Green, 1992.

MEADOWS, D. **Thinking in systems**. White River Junction: Chelsea Green, 2008.

MEADOWS, D. et al. **Limits to growth: the 30-year update**. White River Junction: Chelsea Green, 2004.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: Hucitec, 2007.

MINAYO, M. C. S.. DESLANDES, S. F. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2002.

MORTON, T. **Ecology without nature**. Cambridge: Harvard University Press, 2009.

MORTON, T. **Hyperobjects**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2013.

MORTON, T. **Dark ecology**. New York: Columbia University Press, 2016.

MORTON, T. **Being ecological**. Cambridge: MIT Press, 2017.

MORTON, T. **Humankind**. London: Verso, 2018.

NIXON, R. **Slow violence and the environmentalism of the poor**. Cambridge: Harvard University Press, 2011.

OSTROM, E. **Rules, games, and common-pool resources**. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994.

OSTROM, E. **Understanding institutional diversity**. Princeton: Princeton University Press, 2005.

OSTROM, E. **Governing the commons**. Cambridge: Cambridge University Press, 2015.

PRODANOV, C. C.. FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAWORTH, K. **Doughnut economics**. London: Random House, 2017.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SANTOS, C. A. G. dos. et al. Reflorestamento e sustentabilidade: territórios agroecológicos comunitários como práticas de resistência, justiça ambiental e regeneração socioecossistêmica. **Veredas Do Direito**, 23, e235146. Disponível em: <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5146> Acesso em: 21 fev. 2026.

SANTOS, C. A. G. dos. et al. Agroecologia urbana e sustentabilidade – soberania alimentar e justiça ambiental no brasil contemporâneo: desafios e potencialidades. **Revista DCS**, 23(86), e4388. Disponível em: <https://doi.org/10.54899/dcs.v23i86.4388> Acesso em 21 fev. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. Transição energética e preservação: integração de fontes renováveis, biodiversidade e economia verde em tempos de crise climática. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 23(3), e9234. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n3-041> Acesso em 21 fev. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. Racismo ambiental, saúde e direitos sociais: causalidades e impactos da degradação ambiental em comunidades vulneráveis no Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 23(1), e8603. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n1-073> Acesso em 21 fev. 2026.

SANTOS, A. N. S. dos. et al. Caminhos trancados: o labirinto dos desafios burocráticos e legais nas concessões florestais Federais no Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, 22(12), e8314. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n12-182> Acesso em 21 fev. 2026.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**. São Paulo: Edusp, 2006.

SCHUMM, S. A. **River variability and complexity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

SHIVA, V. **Who really feeds the world?**. Berkeley: North Atlantic Books, 2015.

SHIVA, V. **The violence of the green revolution**. Lexington: University Press of

Kentucky, 2016.

SMIL, V. **Energy and civilization**. Cambridge: MIT Press, 2017.

SMIL, V. **Growth**. Cambridge: MIT Press, 2019.

SMIL, V. **Harvesting the biosphere**. Cambridge: MIT Press, 2013.

WEBER, M. **The methodology of the social sciences**. New York: Free Press, 1949.

WOHL, E. **A world of rivers**. Chicago: University of Chicago Press, 2010.

WOHL, E. **Rivers in the landscape**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014.

### **Contribuição dos autores**

Todos os autores contribuíram igualmente para o desenvolvimento deste artigo.

### **Disponibilidade dos dados**

Todos os conjuntos de dados relevantes para as conclusões deste estudo estão totalmente disponíveis no artigo.

### **Como citar este artigo (APA)**

Fausto, J. P., Pontes, M. V. A., Silva, R. C. da, Dornelas, C. S. M., Duque, R. R., Fluminhan, A., ... Araújo, N. A. R. A. (2026). MEIO AMBIENTE E CLIMA: IMPACTOS DA POLUIÇÃO, DO DESMATAMENTO E DO USO INTENSIVO DE AGROQUÍMICOS NOS PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E ASSOREAMENTO DOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS. *Veredas Do Direito*, 23(5), e235636. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5636>