

**CONSEQUÊNCIAS DA
PERDA DA
BIODIVERSIDADE NOS
ECOSSISTEMAS: A
EXTINÇÃO DE ESPÉCIES E O
DESEQUILÍBRIO
ECOLÓGICO COMO
IMPACTOS AMBIENTAIS**

**CONSEQUENCES OF BIODIVERSITY LOSS IN ECOSYSTEMS: SPECIES
EXTINCTION AND ECOLOGICAL IMBALANCE AS ENVIRONMENTAL
IMPACTS**

Ciências Biológicas • 18/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/781645449](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781645449)

Súzia Rocha de Araújo¹

Maria Aparecida Silva Furtado²

Ricardo dos Santos Faria³

Milena Gaion Malosso⁴

Tatiana Gaion Malosso⁵

RESUMO

A perda da biodiversidade constitui um dos mais graves problemas ambientais contemporâneos, impulsionada por atividades antrópicas como desmatamento, fragmentação de habitats, poluição, introdução de espécies exóticas e sobre-exploração de recursos. Este artigo teve como objetivo analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, as principais consequências dessa perda nos ecossistemas, com ênfase na extinção de espécies e no desequilíbrio ecológico. A metodologia seguiu os princípios do protocolo PRISMA, com buscas nas bases Scopus, Web of Science e SciELO. Foram selecionados dez estudos empíricos e revisões publicados entre 2009 e 2026, incluindo trabalhos seminais anteriores essenciais para a compreensão de padrões de longo prazo. Os dados foram organizados em matriz analítica para síntese qualitativa. Os resultados indicam que a destruição de habitats constitui o principal vetor antrópico da perda de biodiversidade, afetando severamente biomas como Amazônia e Mata Atlântica. As taxas de extinção variam conforme o tamanho dos fragmentos e os grupos taxonômicos, sendo observada perda de até 50% das aves de sub-bosque em fragmentos inferiores a 100 hectares ao longo de 15 anos. A eliminação de espécies-chave desencadeia efeitos em cascata, incluindo interrupção da dispersão de sementes, colapso de polinizadores especialistas e desestabilização de redes tróficas, comprometendo produtividade primária, ciclagem de nutrientes e regulação climática. O desequilíbrio ecológico manifesta-se pelo aumento de pragas, redução da resiliência, invasões biológicas e degradação de serviços ambientais, destacando-se a queda da riqueza funcional de peixes de água doce de 69% para 36% após o desastre de Bento Rodrigues. Conclui-se que a atual crise caracteriza a sexta extinção em massa impulsionada por ações humanas, exigindo medidas de conservação e restauração dos ecossistemas.

Palavras-chave: Fragmentação ambiental; Serviços ecossistêmicos; Resiliência ecológica; Conservação biológica; Redes tróficas.

ABSTRACT

Biodiversity loss is one of the most serious contemporary environmental problems, driven by anthropogenic activities such as deforestation, habitat fragmentation, pollution, the introduction of exotic species, and overexploitation of resources. This article aimed to analyze, through a systematic literature review, the main consequences of this loss in ecosystems, with an emphasis on species extinction and ecological imbalance. The methodology followed the principles of the PRISMA protocol, with searches in the Scopus, Web of Science, and SciELO databases. Ten empirical studies and reviews published between 2009 and 2026 were selected, including previous seminal works essential for understanding long-term patterns. The data were organized into an analytical matrix for qualitative synthesis. The results indicate that habitat destruction is the main anthropogenic driver of biodiversity loss, severely affecting biomes such as the Amazon and the Atlantic Forest. Extinction rates vary according to fragment size and taxonomic groups, with losses of up to 50% of understory birds observed in fragments smaller than 100 hectares over 15 years. The elimination of keystone species triggers cascading effects, including disruption of seed dispersal, collapse of specialist pollinators, and destabilization of trophic networks, compromising primary productivity, nutrient cycling, and climate regulation. Ecological imbalance manifests itself through increased pests, reduced resilience, biological invasions, and degradation of environmental services, notably the drop in functional richness of freshwater fish from 69% to 36% after the Bento Rodrigues disaster. It is concluded that the current crisis characterizes the sixth mass extinction driven

by human actions, requiring conservation and restoration measures for ecosystems.

Keywords: Environmental fragmentation; Ecosystem services; Ecological resilience; Biological conservation; Food webs.

1. INTRODUÇÃO

A perda da biodiversidade em escala global é atualmente reconhecida como um dos mais graves problemas ambientais, com consequências que vão muito além da simples redução do número de espécies. Como define Vezzani (2015), a biodiversidade abrange a variabilidade de organismos vivos em todos os níveis biológicos, desde a diversidade genética até a variedade de ecossistemas. No entanto, as atividades humanas têm acelerado as taxas de extinção a níveis sem precedentes, configurando o que Felipe (2024) denomina como a sexta extinção em massa. Nesse contexto, compreender as consequências ecológicas dessa erosão, em especial a extinção de espécies e o desequilíbrio ecológico, tornou-se essencial para orientar estratégias de conservação e políticas públicas ambientais.

Diferentes estudos apontam a destruição e a fragmentação de habitats como os principais vetores antrópicos de perda de biodiversidade. Morris (2010) e Caro *et al.* (2022) destacam que a perda de habitat supera outros fatores na extinção de vertebrados, enquanto Murphy e Romanuk (2013) estimam um declínio médio de 24,8% na riqueza de espécies decorrente da mudança no uso da terra. No Brasil, Laurance e Vasconcelos (2009) e Tabarelli *et al.* (2012) demonstram que fragmentos florestais de pequeno porte podem perder metade de suas aves de sub-bosque em poucos anos, e que o desmatamento acima de 93% da cobertura original representa um

limiar crítico de irreversibilidade na Mata Atlântica. Além disso, a poluição química, a introdução de espécies exóticas invasoras e a sobre-exploração de recursos, como caça e pesca, agravam ainda mais o quadro, conforme apontam Bustamante *et al.* (2019) e França (2025).

A extinção de espécies não ocorre de forma isolada, mas desencadeia efeitos em cascata que comprometem funções ecossistêmicas fundamentais. Andreazzi, Pires e Fernandez (2009) mostram que a perda de grandes frugívoros interrompe a dispersão de sementes, gerando acúmulo de sementes sob as plantas-mãe e aumentando a predação e a proliferação de patógenos. Laurance e Vasconcelos (2009) demonstram que a ausência de predadores de topo, como a onça-pintada, desestabiliza as cadeias alimentares, e que o declínio de polinizadores especialistas compromete a reprodução de plantas nativas. Montoya, Solé e Rodríguez (2001) acrescentam que, em redes ecológicas, a perda de espécies altamente conectadas pode provocar extinções em larga escala, fragilizando toda a comunidade. Como resultado, observa-se o desequilíbrio ecológico, manifestado pelo aumento de pragas, pela redução da resiliência dos ecossistemas e pela degradação de serviços ambientais, como a regulação climática e a provisão de alimentos (Felipe, 2024; França, 2025).

Diante desse panorama, o presente artigo teve como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, as principais consequências da perda da biodiversidade nos ecossistemas, com foco na extinção de espécies e no desequilíbrio ecológico enquanto impactos ambientais decorrentes das atividades humanas. Especificamente, buscou-se identificar as causas antrópicas associadas, descrever os padrões e taxas de

extinção em diferentes biomas, analisar os efeitos em cascata da perda de espécies-chave, sintetizar as evidências sobre o desequilíbrio ecológico e discutir as implicações para a conservação e as políticas públicas. A metodologia adotada seguiu os princípios do PRISMA, com busca em bases como Scopus, Web of Science e SciELO, selecionando dez estudos empíricos e revisões que fundamentam a análise apresentada nas seções seguintes.

Os objetivos deste trabalho foram analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as principais consequências da perda da biodiversidade nos ecossistemas, com foco na extinção de espécies e no desequilíbrio ecológico enquanto impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, identificar, na literatura científica, as principais causas antrópicas associadas à perda da biodiversidade (como desmatamento, poluição, mudanças climáticas e introdução de espécies exóticas), descrever os padrões e as taxas de extinção de espécies relatados em diferentes biomas e grupos taxonômicos; analisar como a extinção de espécies-chave pode desencadear efeitos em cascata e comprometer funções ecossistêmicas (produtividade, ciclagem de nutrientes, polinização, etc.); sintetizar evidências sobre o desequilíbrio ecológico resultante da perda de biodiversidade, incluindo o aumento de pragas, a redução da resiliência ecossistêmica e a degradação de serviços ambientais e discutir as implicações desses impactos para a conservação da natureza e para a formulação de políticas públicas ambientais.

A hipótese deste trabalho foi: a perda da biodiversidade, impulsionada por atividades antrópicas (como desmatamento, fragmentação de habitats, poluição, introdução de espécies exóticas e sobre-exploração), leva à extinção acelerada de espécies,

especialmente espécies-chave e desencadeia efeitos em cascata que comprometem funções ecossistêmicas essenciais, resultando em desequilíbrio ecológico generalizado, redução da resiliência dos ecossistemas e degradação dos serviços ambientais dos quais a humanidade depende?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Conceituação de Biodiversidade e Sua Importância Ecosistêmica

A biodiversidade representa um dos conceitos fundamentais da ecologia contemporânea, refletindo a variabilidade de organismos vivos em todos os níveis biológicos (Vezzani, 2015). Compreender a biodiversidade e sua relação com o funcionamento dos ecossistemas tornou-se essencial para enfrentar os desafios ambientais atuais, particularmente diante das crescentes perdas de diversidade biológica observadas em praticamente todos os ecossistemas terrestres e marinhos (Artaxo *et al.*, 2022). A biodiversidade é compreendida como a variabilidade de organismos vivos em todos os níveis biológicos, englobando a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas (Vezzani, 2015).

Essa definição multidimensional permite uma análise integrada dos padrões de organização biológica em diferentes escalas. A biodiversidade pode ser estruturada em três níveis hierárquicos distintos: a diversidade genética, que compreende a diversidade intraespecífica e fenotípica ao nível de espécies e populações; a diversidade de espécies, que representa a riqueza de espécies presentes em um determinado ambiente, sendo a medida mais tradicional e amplamente utilizada; e a diversidade de ecossistemas,

que se refere à diversidade ecológica ou funcional ao nível das redes tróficas e paisagens (Paula, 2013).

Além das dimensões tradicionais, a biodiversidade contemporânea é frequentemente analisada por meio de suas componentes funcionais e filogenéticas. A diversidade funcional é aferida para determinar como a composição funcional varia entre as espécies no tempo e no espaço, buscando compreender como tal variação influencia o funcionamento do ecossistema (Paula, 2013). Medir a diversidade funcional significa medir a diversidade de características fenotípicas dos organismos que influenciam os processos na comunidade (Paula, 2013). A diversidade filogenética, por sua vez, permite acessar a história evolutiva compartilhada pelas espécies, enquanto a diversidade funcional representa a diversidade de características que influenciam o papel das espécies no funcionamento e resiliência dos ecossistemas (Santos, 2023).

A relação entre biodiversidade e funcionamento de ecossistemas (BEF) tornou-se um paradigma proeminente na ecologia, marcando a percepção do papel funcional da biodiversidade no ambiente (Lanari; Coutinho, 2010). Experimentos com manipulação da riqueza e composição de espécies herbáceas indicam um efeito positivo de comunidades mais ricas na produtividade e ciclagem de nutrientes (Rosenfield; Müller, 2020). A composição funcional demonstra ser responsável por uma proporção significativa da variação observada em atributos ecossistêmicos, incluindo incremento de biomassa, percentual de cobertura, percentual de nitrogênio e nitrogênio total no tecido (Lanari; Coutinho, 2010). Estudos recentes têm demonstrado que a dominância funcional é mais importante para demonstrar a produtividade da comunidade quando comparada à diversidade funcional.

A estabilidade é um processo adimensional que reflete a capacidade de o sistema manter sua trajetória apesar do estresse ambiental, sendo atingida parcialmente com base na capacidade do ecossistema para resistência e resiliência (Galetti *et al.*, 2018). O desenvolvimento dos processos ecológicos está associado à ocorrência de diversos grupos de organismos em um dado ambiente físico, e a funcionalidade associada a esses processos está ligada à capacidade de resiliência do ecossistema frente a distúrbios e à sustentabilidade ao longo do tempo (Rosenfield; Müller, 2020). A diversidade biológica é um indicador em potencial, e seu monitoramento pode contribuir para o estabelecimento de uma relação mais confiável entre diversidade e sustentabilidade, na medida em que seja possível definir qual o mínimo de diversidade capaz de ainda permitir o funcionamento dos ciclos dentro do ecossistema (Moraes; Campello; Franco, 2010).

A redundância de estratégias funcionais é positiva para o ecossistema e indica resiliência, um comportamento altamente associado à manutenção ou recuperação do ecossistema após distúrbio. A seleção de espécies funcionalmente redundantes pode assegurar o funcionamento do ecossistema em paisagens fragmentadas, porém quando funções particulares são perdidas com a erosão de espécies, pode prejudicar a resiliência ecossistêmica (Santos, 2023). Comunidades com alta diversidade funcional são mais resistentes às invasões por espécies exóticas, e os traços funcionais das espécies podem influenciar o sucesso desta invasão. O emprego de alta diversidade de espécies e funcional em restauração proporciona maior estabilidade, criando complementariedade de nichos ecológicos, já que espécies com nichos complementares respondem aos distúrbios de formas

diversas, fomentando estabilidade e resiliência do ecossistema (Galetti *et al.*, 2018).

Os serviços ecossistêmicos são definidos como os benefícios que os seres humanos obtêm a partir da biodiversidade e do funcionamento do ecossistema (Freitas, 2016). A Avaliação Ecossistêmica do Milênio reconhece quatro categorias principais de benefícios às pessoas (Albuquerque *et al.*, 2020). Os serviços de suporte são aqueles necessários à produção de outros serviços, como a produção de solo e a ciclagem de nutrientes (Freitas, 2016).

O solo, como recurso fundamental, fornece serviços de ecossistema que, geridos de forma sustentável, ajudam na mitigação das causas e favorecem a adaptação aos efeitos de um clima em mudança: sequestro de carbono, retenção de água, melhoria da resiliência dos ecossistemas, ou produção de alimento e matéria-prima (Cerqueira Roxo; Calvo-Cases, 2023). A biodiversidade de um ecossistema acontece a partir do solo, sendo por meio do solo que ocorre o desenvolvimento da estrutura vegetal e, assim, o fornecimento de energia e matéria para os demais seres vivos das teias alimentares terrestres (Vezzani, 2015).

2.2. Principais Causas Antrópicas da Perda de Biodiversidade

A biodiversidade global enfrenta uma crise sem precedentes, com taxas de extinção acima das naturais (Valiente-Banuet *et al.*, 2014). As atividades humanas são os principais impulsionadores diretos dessa perda, atuando de forma sinérgica (Chase *et al.*, 2020; Bowler *et al.*, 2020). Compreender essas causas é essencial para políticas de conservação eficazes (Gonzalez; Chase; O'Connor, 2023).

A mudança no uso da terra, especialmente o desmatamento e a fragmentação de habitat, é o impacto antropogênico de maior peso (Morris, 2010; Chase *et al.*, 2020). Análises globais mostram que a perda de habitat supera outros fatores na extinção de vertebrados (Caro *et al.*, 2022). A fragmentação reduz o habitat disponível, isola populações e altera a dispersão (Chase *et al.*, 2020).

No Monte Kilimanjaro, a mudança no uso da terra levou ao desaparecimento de 75% das espécies por km², sem influência aparente das mudanças climáticas (Hemp, 2025). Uma meta-análise global apontou declínio de 24,8% na riqueza de espécies devido à mudança no uso da terra (Murphy; Romanuk, 2013), considerada o maior impacto nas florestas tropicais. Os mecanismos incluem redução de espaço, isolamento, alteração de perturbações e homogeneização de comunidades (Morris, 2010; Chase *et al.*, 2020).

A urbanização, forma específica de mudança no uso da terra, traz consequências severas. A expansão desordenada gera conflitos com ecossistemas (Barbosa *et al.*, 2021). A densidade populacional correlaciona-se com múltiplos impulsionadores de perda (Bowler *et al.*, 2020). Em Joinville (Brasil), traumas humanos causaram 50,66% dos atendimentos de fauna, com atropelamentos (39,58%) e colisões em estruturas (9,89%) (Barbosa *et al.*, 2021). A conversão para agricultura também é um grande impulsionador global (Chase *et al.*, 2020; Bowler *et al.*, 2020). A agricultura intensiva reduz habitat e altera solo, água e comunidades (Chase *et al.*, 2020). Áreas com maior conversão agrícola mostram maiores declínios de mamíferos (Schooler; Belant, 2025). Nos trópicos, a perda de habitat é o principal fator; em florestas boreais, as invasões têm maior impacto (Murphy; Romanuk, 2013).

A exploração direta (caça, pesca, coleta) é outro impulsionador fundamental, muitas vezes combinado com outros. A sobre-exploração reduz populações e leva à extinção (Chase *et al.*, 2020; Vardakas *et al.*, 2025). Em ecossistemas de água doce, a modificação do sistema natural foi o principal driver de extinção de peixes, atuando com poluição e invasoras (Vardakas *et al.*, 2025). Globalmente, a sobre-exploração está entre os cinco principais impulsionadores (Chase *et al.*, 2020; Bowler *et al.*, 2020). Espécies de grande porte são mais vulneráveis e controlam funções ecossistêmicas como polinização (Isbell *et al.*, 2017). A redução de predadores de topo enfraquece redes ecológicas e a estabilidade dos ecossistemas (Morris, 2010). O tráfico de vida selvagem e a caça para consumo estão ligados à emergência de doenças como AIDS e Ebola (Hosseini *et al.*, 2017).

A poluição química é um impulsionador significativo e crescente, historicamente subestimado (Sigmund *et al.*, 2023). Embora a destruição de habitat exerça a maior pressão atualmente, a poluição química aumenta em taxas mais altas do que outros drivers (Sigmund *et al.*, 2023). Contudo, a pesquisa ecológica ainda foca pouco nesse tema (Sigmund *et al.*, 2023). Poluentes persistentes acumulam-se e afetam processos fisiológicos e ecológicos (Sigmund *et al.*, 2023). A eutrofização por nutrientes reduziu a riqueza de espécies em 8,2% (Murphy; Romanuk, 2013). Metais pesados e agrotóxicos alteram interações ecológicas (Sigmund *et al.*, 2023). A poluição plástica ameaça ecossistemas marinhos e de água doce, junto com sobrepesca, eutrofização, invasoras, destruição de habitat e mudança climática (Buonocore *et al.*, 2021).

As mudanças climáticas afetam ecossistemas globalmente (Morris, 2010; Bowler *et al.*, 2020), mas sua importância relativa é controversa.

Análises comparativas mostram que, na maioria dos casos (61,4% de 44 estudos), fatores convencionais como perda de habitat e desmatamento superam a mudança climática (Caro *et al.*, 2022).

3. METODOLOGIA

Este estudo consistiu em uma revisão sistemática crítica da literatura, com abordagem qualitativa, destinada a analisar as principais consequências da perda da biodiversidade nos ecossistemas, com ênfase na extinção de espécies e no desequilíbrio ecológico enquanto impactos ambientais decorrentes das atividades humanas, conforme documentado na produção científica nacional e internacional. A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais, seguindo protocolos rigorosos de revisão e análise temática, conforme detalhado a seguir.

3.1. Delineamento da Revisão

A pesquisa pautou-se nos princípios do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), adaptado para sínteses qualitativas em ecologia e conservação. O objetivo foi mapear, avaliar e sintetizar as evidências sobre as consequências da perda de biodiversidade, com ênfase em quatro dimensões inter-relacionadas, as causas antrópicas da perda de biodiversidade: desmatamento, fragmentação de habitat, poluição, mudanças climáticas, introdução de espécies exóticas e sobre-exploração de recursos; as padrões e taxas de extinção de espécies em diferentes biomas e grupos taxonômicos; os efeitos em cascata da perda de espécies-chave e comprometimento de funções ecossistêmicas (produtividade, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes); e o desequilíbrio ecológico resultante,

incluindo aumento de pragas, redução da resiliência ecossistêmica e degradação de serviços ambientais.

3.2. Estratégia de Busca e Seleção de Estudos

Foram consultadas as seguintes bases bibliográficas, selecionadas por sua abrangência e relevância nas áreas de ecologia, biologia da conservação, ciências ambientais e biodiversidade: Scopus, Web of Science, Google Scholar, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e PubMed. Adicionalmente, foram realizadas buscas manuais em periódicos especializados brasileiros, como *Oecologia Australis* e *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, para garantir a cobertura da literatura nacional.

Combinaram-se termos controlados (DeCS – Descritores em Ciências da Saúde, e tesouros específicos da área ecológica) e não controlados, utilizando operadores booleanos (AND, OR) nos idiomas português, inglês e espanhol. As seguintes strings de busca foram empregadas: (i) (biodiversidade OR diversidade biológica) AND (perda OR declínio OR extinção) AND (ecossistemas OR habitats); (ii) (causas antrópicas OR atividades humanas) AND (desmatamento OR fragmentação OR poluição OR mudanças climáticas OR espécies exóticas) (iii) (espécies-chave) AND (efeitos em cascata OR interações ecológicas); (iv) (desequilíbrio ecológico) AND (serviços ecossistêmicos OR resiliência). Em inglês: (“biodiversity loss” OR “species extinction”) AND (“ecosystem functioning” OR “ecological imbalance”) AND (“habitat fragmentation” OR “anthropogenic drivers”)

Foram incluídos na revisão os estudos que atenderam aos seguintes critérios: (i) artigos publicados em periódicos com revisão por pares,

capítulos de livros técnico-científicos e relatórios oficiais de órgãos ambientais; (ii) estudos sem restrição rígida de data, priorizando a produção da última década (2009-2026), mas incluindo trabalhos seminais anteriores considerados fundamentais para evidência de padrões de longo prazo; (iii) artigos nos idiomas português, inglês ou espanhol, (iv) pesquisas empíricas, revisões sistemáticas, meta-análises e análises teóricas que abordassem explicitamente as consequências ecológicas da perda de biodiversidade.

Foram excluídos da amostra final: (i) teses, dissertações, resumos de anais de congressos, artigos de opinião sem revisão por pares e documentos exclusivamente técnicos sem discussão ecológica aprofundada. (ii) estudos que focavam apenas em aspectos econômicos ou sociais da biodiversidade sem vincular à análise dos impactos ecológicos (extinção, desequilíbrio funcional). (iii) trabalhos que abordavam a perda de biodiversidade exclusivamente sob a ótica da mudança climática sem considerar outros drivers antropogênicos.

A seleção dos estudos seguiu o fluxograma PRISMA em três etapas: (i) identificação: foram localizadas 100 publicações nas bases de dados consultadas, após remoção de duplicatas; (ii) triagem por título e resumo; (iii) leitura na íntegra dos textos remanescentes. Amostra final: 10 estudos foram incluídos na análise qualitativa, conforme listado na seção de Referências (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Branco *et al.*, 2021; Bustamante *et al.*, 2019; Felipe, 2024; França, 2025; Kannan; James, 2009; Laurance; Vasconcelos, 2009; Montoya; Solé; Rodríguez, 2001; Santos, 2017; Tabarelli *et al.*, 2012).

Os dados foram extraídos dos estudos selecionados e organizados em uma matriz analítica estruturada, contendo os seguintes campos: (a) Metadados: autor(es), ano de publicação, título, periódico, bioma ou ecossistema estudado, grupo taxonômico foco. (b) Categorias analíticas: causas antrópicas identificadas, padrões de extinção documentados (taxas, espécies ameaçadas), evidências de efeitos em cascata, funções ecossistêmicas comprometidas, indicadores de desequilíbrio ecológico, serviços ambientais degradados, implicações para conservação e políticas públicas. (c) A extração foi realizada de forma independente por dois pesquisadores, com resolução de divergências por consenso.

Os dados extraídos foram interpretados por meio da análise de conteúdo temática, à luz do referencial teórico da ecologia funcional e da teoria de redes ecológicas. A síntese crítica destacou: (i) padrões convergentes e contradições nas evidências sobre a importância relativa dos diferentes drivers antropogênicos; (ii) mecanismos causais pelos quais a perda de espécies-chave desencadeia efeitos em cascata, com exemplos empíricos de florestas tropicais e ecossistemas aquáticos. (iii) limiares e não-linearidades na relação entre perda de habitat e extinção local, identificando pontos de inflexão; (iv) implicações para a conservação e políticas públicas, agrupando recomendações por domínio de atuação.

A síntese foi organizada em quadros-resumo (Quadros 1 a 7) que sistematizam as causas, padrões, cascatas ecológicas, funções comprometidas, desequilíbrios, degradação de serviços e recomendações de políticas, conforme apresentado na seção de Resultados e Discussão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

A presente revisão bibliográfica sintetizou evidências de dez estudos que abordaram as consequências da perda da biodiversidade nos ecossistemas, com ênfase na extinção de espécies e no desequilíbrio ecológico. Os resultados foram organizados em categorias analíticas que refletem os objetivos específicos do trabalho, permitindo uma discussão integrada à luz da literatura científica.

4.1. Causas Antrópicas da Perda de Biodiversidade

Os estudos analisados convergem ao identificar as atividades humanas como os principais impulsionadores diretos da perda de biodiversidade, com destaque para a destruição e fragmentação de habitats, a expansão agrícola, a urbanização, a poluição, a introdução de espécies exóticas, a sobre-exploração de recursos e, em menor escala documentada, as mudanças climáticas. O Quadro 1 sistematiza esses achados.

Quadro 1 – Principais causas antrópicas da perda de biodiversidade identificadas na literatura

Categoria de driver	Manifestações específicas	Estudos que documentam
Desmatamento e conversão de habitat	Corte raso, queimadas, fragmentação florestal, mudança do uso da terra	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Felipe, 2024; Bustamante <i>et al.</i> , 2019; Laurance; Vasconcelos, 2009; França, 2025; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012; Branco <i>et al.</i> , 2021
Expansão agrícola	Monoculturas, pastagens, pecuária extensiva, áreas com alta aptidão agrícola	Felipe, 2024; Laurance; Vasconcelos, 2009; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012; Bustamante <i>et al.</i> , 2019

Urbanização e infraestrutura	Expansão urbana, projetos de infraestrutura, barragens	Felipe, 2024; Bustamante <i>et al.</i> , 2019; França, 2025; Santos, 2017
Poluição	Agroquímicos, fertilizantes, poluição geral, resíduos sólidos, poluição marinha	Felipe, 2024; Bustamante <i>et al.</i> , 2019; Laurance; Vasconcelos, 2009
Espécies exóticas invasoras	Introdução de espécies exóticas, estabelecimento de invasoras	Bustamante <i>et al.</i> , 2019; França, 2025; Laurance; Vasconcelos, 2009
Sobre-exploração	Caça, sobrepesca, extração madeireira, mineração, exploração de espécies silvestres	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Felipe, 2024; Bustamante <i>et al.</i> , 2019; Laurance; Vasconcelos, 2009; Branco <i>et al.</i> , 2021
Mudanças climáticas	Emissão de gases de efeito estufa, queima de combustíveis fósseis	Kannan; James, 2009

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

A destruição do habitat foi o driver mais frequentemente citado (sete estudos), afetando desde florestas tropicais (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Laurance; Vasconcelos, 2009) até a Mata Atlântica (Tabarelli *et al.*, 2012; Branco *et al.*, 2021). Esse predomínio está alinhado com a literatura global que aponta a perda de habitat como a principal ameaça à biodiversidade terrestre (Morris, 2010). Na Amazônia, a pecuária, a agricultura de corte-e-queima e a extração madeireira ilegal foram apontadas como vetores críticos (Laurance; Vasconcelos, 2009). No Brasil, a expansão urbana e os projetos de

infraestrutura, como a construção de barragens, agravam o quadro, conforme exemplificado pelo desastre da barragem de Bento Rodrigues, que causou impactos severos na biodiversidade de água doce (Santos, 2017).

A fragmentação florestal, consequência direta do desmatamento, cria condições propícias para o estabelecimento de espécies invasoras (França, 2025) e torna as florestas mais suscetíveis à invasão por espécies exóticas ou não florestais (Laurance; Vasconcelos, 2009). Nos ambientes marinhos, a poluição e a sobrepesca são predominantes, com 33% dos estoques pesqueiros considerados sobre-explorados (Bustamante *et al.*, 2019). Apenas um estudo mencionou diretamente as mudanças climáticas como driver (Kannan; James, 2009), sugerindo que, embora relevante globalmente, outros fatores antropogênicos imediatos ainda exercem maior pressão local e regional – achado que corrobora análises comparativas recentes (Caro *et al.*, 2022).

4.2. Padrões de Extinção e Espécies Ameaçadas

A perda de biodiversidade se manifesta tanto por extinções documentadas quanto por níveis elevados de ameaça em múltiplos grupos taxonômicos. O Quadro 2 resume os padrões observados.

Quadro 2 – Padrões de extinção e espécies ameaçadas por bioma e grupo taxonômico

Bioma/ecossistema	Grupos afetados	Número de espécies ameaçadas ou extintas	Padrões observados	Fonte
--------------------------	------------------------	---	---------------------------	--------------

Brasil (nacional)	Fauna e flora	1.173 fauna; 2.118 flora	Sexta extinção em massa, impactos locais e regionais	Bustamant e <i>et al.</i> , 2019; Felipe, 2024
Amazônia	Aves, primatas, borboletas, formigas, besouros	Não quantificado	Fragmentos <100 ha perderam 50% das aves de sub-bosque em 15 anos; redução da riqueza de espécies	Laurance; Vasconcelos, 2009
Mata Atlântica	Aves, mamíferos, répteis, plantas	Não quantificado	Perda extrema de biodiversidade; ponto de inflexão crítico aos 93% de desmatamento	Branco <i>et al.</i> , 2021; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012
Ambientes marinhos	Peixes	33% dos estoques sobre-explorados	Redução de estoques por poluição e sobrepesca	Bustamant e <i>et al.</i> , 2019
América Central	Anfíbios	Não quantificado	Extinções regionais por mudanças climáticas	Kannan; James, 2009
Bacia do Rio Doce	Peixes (Actinopterygii)	Não quantificado	Extinções regionais após desastre da barragem	Santos, 2017

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

Em nível nacional, o Brasil contabiliza 1.173 espécies da fauna e 2.118 da flora ameaçadas (Bustamante *et al.*, 2019), números que representam aproximadamente 42 mil espécies de plantas e 148 mil de animais no total. Esses valores, embora altos, provavelmente subestimam a real perda, pois muitos táxons permanecem insuficientemente avaliados. A comparação com as taxas naturais de extinção de fundo indica que o evento atual configura uma sexta extinção em massa, inteiramente impulsionada por ações humanas (Felipe, 2024; Montoya; Solé; Rodríguez, 2001).

A variação nas taxas de extinção conforme o tamanho do habitat é notável. Na Amazônia, fragmentos com menos de 100 hectares perderam metade de suas espécies de aves de sub-bosque em apenas 15 anos (Laurance; Vasconcelos, 2009), demonstrando a rapidez do colapso local. Essa relação não é linear: a riqueza de espécies diminui com a área, mas com respostas distintas entre grupos (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009). Na Mata Atlântica de Viçosa do Ceará, a perda de biodiversidade atingiu nível “extremo”, com aceleração da declínio quando o desmatamento ultrapassa 93% da área original (Branco *et al.*, 2021), sugerindo um limiar crítico de irreversibilidade.

Os anfíbios da América Central e os peixes de água doce da bacia do Rio Doce exemplificam como diferentes mecanismos, mudanças climáticas (Kannan; James, 2009) e desastres de infraestrutura (Santos, 2017) podem levar a extinções regionais aceleradas. Em conjunto, esses padrões reforçam que a perda de biodiversidade não é homogênea, mas concentrada em *hotspots* e em grupos funcionalmente vulneráveis.

4.3. Perda de Espécies-chave e Efeitos em Cascata

A extinção ou o declínio de espécies-chave desencadeia perturbações ecológicas que se propagam por toda a comunidade. O Quadro 3 sintetiza os mecanismos de cascata documentados.

Quadro 3 – Mecanismos de efeitos em cascata decorrentes da perda de espécies-chave

Espécie ou grupo funcional	Interação ecológica afetada	Consequências em cascata	Fonte
Grandes vertebrados frugívoros	Dispersão de sementes de palmeiras	Redução da distância e taxa de dispersão; acúmulo de sementes sob a planta-mãe; aumento da predação por besouros e proliferação de patógenos	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009
Mamíferos de grande porte (defaunação)	Recrutamento de plantas	Extinções secundárias de plantas; alteração da composição da comunidade vegetal	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009
Jaguar (onça-pintada)	Predação topo de cadeia	Mudanças na abundância de presas de médio e pequeno porte; desregulação populacional	Laurance; Vasconcelos, 2009
Polinizadores especialistas	Polinização	Redução das taxas de polinização; potenciais extinções de plantas dependentes	Laurance; Vasconcelos, 2009
Espécies altamente conectadas	Rede ecológica	Coextinções em larga escala; fragilização da rede	Montoya; Solé; Rodríguez, 2001

Espécies invasoras	Estrutura trófica de estuários	Alteração das teias alimentares; mudança nos processos de sedimentação	França, 2025
--------------------	--------------------------------	--	--------------

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

As palmeiras funcionam como recursos-chave para muitos mamíferos neotropicais (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009). A criação de “florestas vazias”, pela caça e fragmentação, elimina os grandes dispersores de sementes, resultando em acúmulo de sementes sob as plantas-mãe, o que atrai maior densidade de besouros predadores e patógenos. Esse mecanismo cria um ciclo de feedback positivo que reduz ainda mais o recrutamento e altera a composição da comunidade vegetal (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009). Trata-se de um exemplo clássico de cascata ecológica mediada por perda de interações.

A perda de predadores de topo, como a onça-pintada na Amazônia, desencadeia cascatas tróficas que afetam toda a teia alimentar (Laurance; Vasconcelos, 2009). A remoção de polinizadores especializados em fragmentos reduz as taxas de polinização e pode levar ao declínio ou extinção de plantas que dependem exclusivamente desses polinizadores (Laurance; Vasconcelos, 2009). A teoria de redes ecológicas explica por que espécies altamente conectadas são particularmente importantes: sua perda provoca um grande número de coextinções (Montoya; Solé; Rodríguez, 2001), demonstrando que a extinção de uma única espécie pode desencadear um colapso em toda a rede. Esses achados destacam que a conservação não pode se limitar a lista de espécies ameaçadas, mas deve proteger interações e funções.

4.4. Funções Ecosistêmicas Comprometidas

A perda de biodiversidade degrada processos ecossistêmicos fundamentais, como produtividade primária, ciclagem de nutrientes, polinização, dispersão de sementes e regulação climática. O Quadro 4 apresenta as principais evidências de declínio funcional.

Quadro 4 – Declínio de funções ecossistêmicas associado à perda de biodiversidade

Função ecossistêmica	Evidência de declínio	Medida quantitativa (quando disponível)	Fonte
Dispersão de sementes	Redução em áreas defaunadas; acúmulo próximo às plantas-mãe	Não quantificado	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009
Recrutamento de plantas	Alterado pela ruptura da dispersão	Não quantificado	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009
Produtividade primária	Disrupção por impactos na cadeia alimentar; redução geral	Não quantificado	Felipe, 2024; Montoya; Solé; Rodríguez, 2001
Ciclagem de nutrientes	Interrompida pela destruição e fragmentação de habitat	Não quantificado	Felipe, 2024; Laurance; Vasconcelos, 2009

Polinização	Perda de polinizadores especialistas em fragmentos	Não quantificado	Laurance; Vasconcelos, 2009
Regulação climática	Redução dos estoques de carbono; aumento das emissões por fragmentação	Não quantificado	Laurance; Vasconcelos, 2009
Riqueza funcional (água doce)	Declínio após desastre da barragem	De 69% para 36%	Santos, 2017
Ciclos biogeoquímicos	Alteração por espécies invasoras	Não quantificado	França, 2025

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

A medida mais precisa de declínio funcional veio do ecossistema de água doce: após o desastre da barragem de Bento Rodrigues, a riqueza funcional na bacia do Rio Doce caiu de 69% para 36% (Santos, 2017), ou seja, uma redução de quase metade da capacidade funcional. Esse tipo de quantificação é raro em estudos terrestres, mas os mecanismos subjacentes – homogeneização biótica por aumento do aninhamento em vez de turnover – provavelmente operam em outros biomas (Santos, 2017).

A fragmentação florestal na Amazônia aumenta a mortalidade de árvores nas bordas, reduzindo os estoques de carbono e aumentando as emissões para a atmosfera (Laurance; Vasconcelos, 2009). Esse efeito compromete diretamente o serviço de regulação climática. A perda de polinizadores e dispersores, embora de difícil quantificação em larga escala, tem consequências indiretas sobre a

produtividade primária e a regeneração florestal (Laurance; Vasconcelos, 2009). Em conjunto, esses resultados demonstram que a perda de espécies não é apenas uma questão estética ou ética, mas afeta a própria capacidade dos ecossistemas de sustentar a vida e os serviços dos quais a humanidade depende.

4.5. Desequilíbrio Ecológico e Desestabilização de Sistemas

O desequilíbrio ecológico manifesta-se por meio de aumento de populações de pragas, redução da resiliência, estabelecimento de espécies invasoras, perda de conectividade, alteração de regimes de distúrbio e mudanças na estrutura das comunidades. O Quadro 5 sintetiza os indicadores documentados.

Quadro 5 – Indicadores de desequilíbrio ecológico resultante da perda de biodiversidade

Indicador de desequilíbrio	Manifestações observadas	Fonte
Aumento de populações de pragas	Maior predação por besouros em sementes acumuladas; proliferação de patógenos	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009
Redução da resiliência ecossistêmica	Atividades humanas excedem a capacidade de suporte ambiental; fragmentação altera processos ecológicos	Felipe, 2024; Laurance; Vasconcelos, 2009
Estabelecimento de espécies invasoras	Fragmentação facilita a invasão; espécies exóticas competem com nativas e alteram processos	Bustamante <i>et al.</i> , 2019; Laurance; Vasconcelos, 2009; França, 2025

Degradação de habitat	Desmatamento, fragmentação, efeitos de borda aumentam a mortalidade arbórea	Múltiplos estudos
Perda de conectividade	Isolamento de populações impede recolonização; fragilidade de redes ecológicas	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Laurance; Vasconcelos, 2009; Branco <i>et al.</i> , 2021; Montoya; Solé; Rodríguez, 2001
Alteração de regimes de distúrbio	Secas e enchentes severas; mudanças na herbivoria e incidência de patógenos	Felipe, 2024; Laurance; Vasconcelos, 2009
Mudanças na estrutura da comunidade	Redução da riqueza de espécies; alteração da composição; aumento da competição	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Laurance; Vasconcelos, 2009; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012; Santos, 2017; Branco <i>et al.</i> , 2021

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

Um dos mecanismos mais bem elucidados é o aumento de pragas. Em florestas fragmentadas e defaunadas, o acúmulo de sementes sob as árvores-mãe atrai maior densidade de besouros predadores e promove a proliferação de patógenos (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009). Esse fenômeno não é restrito às palmeiras, mas pode se aplicar a muitas espécies vegetais zoocóricas. A redução da resiliência ocorre quando as atividades humanas ultrapassam a capacidade de suporte ambiental (Felipe, 2024), e a fragmentação florestal altera processos críticos como polinização e ciclagem de carbono (Laurance; Vasconcelos, 2009).

A fragmentação também cria condições ideais para o estabelecimento de espécies exóticas invasoras (Bustamante *et al.*,

2019; França, 2025). Florestas fragmentadas são mais suscetíveis à invasão, e as espécies invasoras podem se tornar dominantes, alterando a estrutura e o funcionamento do ecossistema (França, 2025). A perda de conectividade, agravada pela fragmentação, impede a recolonização e o fluxo gênico entre populações, aumentando o risco de extinção local (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Branco *et al.*, 2021). As redes ecológicas perdem conectividade quando espécies altamente conectadas são eliminadas, desencadeando coextinções (Montoya; Solé; Rodríguez, 2001). Esses múltiplos indicadores mostram que o desequilíbrio ecológico não é um estado único, mas um processo multifacetado que se retroalimenta.

4.6. Degradação dos Serviços Ambientais

A degradação dos serviços ecossistêmicos foi documentada nas categorias de provisão, regulação e suporte, conforme sintetizado no Quadro 6.

Quadro 6 – Degradação de serviços ambientais associada à perda de biodiversidade

Categoria de serviço	Serviço específico	Evidência de degradação	Fonte
Provisão	Alimentos (estoques pesqueiros)	33% dos estoques sobre-explorados	Bustamante <i>et al.</i> , 2019
Provisão	Alimentos, madeira, água	Ruptura da cadeia alimentar; perda florestal em áreas agrícolas; declínio da qualidade da água	Felipe, 2024; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012; Santos, 2017

		(riqueza funcional 69% → 36%)	
Regulação	Sequestro de carbono	Fragmentação reduz estoques e aumenta emissões	Laurance; Vasconcelos, 2009
Regulação	Purificação da água	Impactos da poluição; alterações na diversidade beta	Felipe, 2024; Bustamante <i>et al.</i> , 2019; Santos, 2017
Regulação	Polinização	Perda de polinizadores em fragmentos	Laurance; Vasconcelos, 2009
Regulação	Ciclos biogeoquímicos	Impactos da fragmentação e espécies invasoras	França, 2025
Suporte	Provisão de habitat	Fragmentação gera competição; mudanças na estrutura florestal; aumento do aninhamento	França, 2025; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012; Santos, 2017; Branco <i>et al.</i> , 2021
Suporte	Diversidade genética	Perda de habitat reduz variabilidade genética	França, 2025; Santos, 2017; Branco <i>et al.</i> , 2021

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

Os serviços de provisão mostram declínios quantificáveis: a sobrepesca afeta diretamente a segurança alimentar (Bustamante *et al.*, 2019), e a perda de floresta em áreas de alta aptidão agrícola reduz a disponibilidade futura de recursos madeireiros e não madeireiros (Tabarelli *et al.*, 2012). A qualidade da água, um serviço de provisão crítico, deteriora-se acentuadamente após eventos catastróficos (Santos, 2017).

Os serviços de regulação são amplamente afetados. A capacidade de sequestro de carbono diminui porque a fragmentação aumenta a mortalidade de árvores, reduzindo os estoques de carbono florestal e aumentando as emissões (Laurance; Vasconcelos, 2009). A polinização, essencial para a reprodução de muitas plantas cultivadas e silvestres, declina com a perda de polinizadores especialistas em fragmentos (Laurance; Vasconcelos, 2009). As espécies invasoras alteram os ciclos biogeoquímicos e os regimes de distúrbio (França, 2025).

Os serviços de suporte, embora menos visíveis, são a base para todos os demais. A provisão de habitat é comprometida pela fragmentação e pela competição com invasoras (França, 2025), e a diversidade genética diminui à medida que as populações se tornam menores e mais isoladas (Branco *et al.*, 2021; Santos, 2017). A degradação desses serviços de suporte tem efeitos em cascata sobre os serviços de regulação e provisão, criando ciclos de retroalimentação negativa. Nenhum dos estudos revisados apresentou valoração econômica das perdas de serviços, o que constitui uma lacuna importante para a formulação de políticas.

4.7. Implicações para a Conservação e Políticas Públicas

Os estudos revisados oferecem recomendações convergentes para a conservação da natureza e a formulação de políticas ambientais, organizadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Implicações para conservação e políticas públicas derivadas da literatura

Domínio de recomenda	Estratégias específicas	Necessidades de	Fonte
-----------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------

ção		implementação	
Áreas protegidas	Fragmentos maiores são mais efetivos; expandir cobertura na Amazônia; concentrar esforços além das florestas de altitude na Mata Atlântica	Estudos de bacia adicionais; zoneamento ecológico-econômico	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Laurance; Vasconcelos, 2009; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012
Restauração de habitat	Floresta regenerante facilita recolonização; reverter a secundarização florestal	Monitoramento de longo prazo; restauração ativa de bordas	Laurance; Vasconcelos, 2009; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012
Recuperação de espécies	Focar em grupos vulneráveis (palmeiras, espécies-chave); proteger o Macaco Guariba	Compreensão das vulnerabilidades ecológicas; manejo adaptativo	Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009; Montoya; Solé; Rodríguez, 2001; Branco <i>et al.</i> , 2021
Conectividade de paisagem	Corredores ecológicos; manutenção de floresta regenerante ao redor de fragmentos	Estudos de recolonização de espécies; planejamento paisagístico	Branco <i>et al.</i> , 2021; Laurance; Vasconcelos, 2009
Manejo de espécies invasoras	Abordagem preventiva; identificação de áreas prioritárias	Monitoramento de eficácia de longo prazo; modelagem preditiva; integração de saberes	França, 2025
Sistemas de monitoramento	Programas de monitoramento rápido; ferramentas	Aplicação a outras áreas da Mata Atlântica	Branco <i>et al.</i> , 2021

	de saúde da biodiversidade		
Governança	Governança integrada, proativa, multiescalar e adaptativa	Integração científico-tradicional; engajamento da sociedade	França, 2025
Políticas públicas	Identificação e conservação de hotspots; diretrizes para paisagens antrópicas; valorização da biodiversidade como herança	Planos nacionais alinhados ao Quadro Global de Biodiversidade; incentivos econômicos	Branco <i>et al.</i> , 2021; Tabarelli <i>et al.</i> , 2012

Fonte: elaborado pelo autor (2026) a partir dos estudos revisados.

A efetividade das áreas protegidas depende mais de seu desenho e gestão do que da simples área total. Fragmentos maiores protegem melhor os mamíferos (Andreazzi; Pires; Fernandez, 2009), mas mesmo fragmentos experimentais na Amazônia mantêm biodiversidade quando protegidos da caça e do fogo e quando circundados por matriz florestal regenerante (Laurance; Vasconcelos, 2009). Na Mata Atlântica, as unidades de conservação estão concentradas em florestas de altitude, enquanto a perda de biodiversidade é maior nas áreas baixas com alta aptidão agrícola, indicando a necessidade de reorientação geográfica das políticas (Tabarelli *et al.*, 2012).

A restauração de habitat deve considerar a dinâmica de recolonização. Na Amazônia, a floresta regenerante em torno de fragmentos facilita o retorno de espécies (Laurance; Vasconcelos, 2009). Corredores ecológicos beneficiam múltiplas espécies

simultaneamente, como no caso do Macaco Guariba (Branco *et al.*, 2021). O manejo de espécies invasoras requer governança adaptativa e integração de conhecimentos científicos e tradicionais (França, 2025). Programas de monitoramento rápido podem desacelerar a perda de biodiversidade, como demonstrado na Mata Atlântica (Branco *et al.*, 2021).

As políticas públicas devem adotar uma abordagem multiescalar e preventiva. A identificação de hotspots de biodiversidade permite a alocação eficiente de recursos escassos (Branco *et al.*, 2021). As sete diretrizes propostas para a Mata Atlântica (Tabarelli *et al.*, 2012) que incluem a manutenção de florestas maduras, a restauração de áreas degradadas e a criação de corredores, servem como modelo para outros biomas tropicais. Contudo, lacunas importantes persistem: há necessidade de mais estudos de longo prazo sobre a perda de espécies em fragmentos (Laurance; Vasconcelos, 2009), de melhor compreensão dos efeitos de distúrbios sobre os padrões de diversidade beta (Santos, 2017) e de aprimoramento das estimativas de taxas de extinção para definir metas realistas de conservação (Montoya; Solé; Rodríguez, 2001).

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão sistemática da literatura evidenciou que a perda da biodiversidade representa uma das mais graves ameaças à integridade dos ecossistemas e à sustentabilidade ambiental global. Os estudos analisados demonstraram que atividades antrópicas, especialmente o desmatamento, a fragmentação de habitats, a poluição, a introdução de espécies exóticas invasoras e a sobre-exploração de recursos naturais, são os principais fatores responsáveis pela aceleração das taxas de extinção de espécies.

Verificou-se que a eliminação de espécies-chave desencadeia efeitos ecológicos em cascata, comprometendo funções ecossistêmicas essenciais, como dispersão de sementes, polinização, ciclagem de nutrientes, produtividade biológica e regulação climática. Além disso, os resultados confirmaram a hipótese proposta, demonstrando que a redução da diversidade biológica provoca desequilíbrios ecológicos progressivos, reduz a resiliência dos ecossistemas e compromete os serviços ambientais indispensáveis ao bem-estar humano.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível fortalecer estratégias de conservação e restauração ambiental que contemplem não apenas a proteção de espécies ameaçadas, mas também a manutenção das interações ecológicas e da conectividade entre habitats. A ampliação e o manejo efetivo de áreas protegidas, a recuperação de ecossistemas degradados, o controle de espécies invasoras e a implementação de políticas públicas baseadas em evidências científicas constituem medidas prioritárias para mitigar os impactos da perda de biodiversidade. Adicionalmente, recomenda-se o desenvolvimento de estudos de longo prazo que permitam compreender melhor os limiares ecológicos, as taxas reais de extinção e os impactos sobre os serviços ecossistêmicos. Dessa forma, será possível subsidiar ações mais eficazes de conservação, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e para a sustentabilidade dos ecossistemas frente aos desafios ambientais contemporâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. W. *et al.* Remotely piloted aircraft imagery for automatic tree counting in forest restoration areas: a case study in

the Amazon. **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, v. 8, n. 3, p. 207–223, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/juvs-2019-0024>.

ANDREAZZI, C.; PIRES, A. S.; FERNANDEZ, F. A. S. Mamíferos e palmeiras neotropicais: interações em paisagens fragmentadas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 554-574, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/5766>. Acesso em 20 de mai. 2026.

ARTAXO, P. *et al.* Mudanças climáticas globais: seus impactos e estratégias de mitigação e adaptação. In: **Mudanças climáticas globais: impactos, mitigação e adaptação**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2022. p. 48–78. DOI: <https://doi.org/10.4322/978-65-86819-27-4.1000002>.

BARBOSA, C. K. *et al.* Survey of wildlife rescued and treated from 2014 to 2016 in Joinville (SC), Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, v. 56, n. 4, p. 687–696, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5327/z217694781006>

BOWLER, D. E. *et al.* Mapping human pressures on biodiversity across the planet uncovers anthropogenic threat complexes. **People and Nature**, v. 2, n. 2, p. 380–394, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/pan3.10071>

BOWLER, D. E. *et al.* The geography of the Anthropocene differs between the land and the sea. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1101/432880>

BRANCO, A. F. *et al.* Avaliação da perda da biodiversidade na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 3, p. 1200-1225, 2021. Disponível

em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/53310>.

Acesso em 21 de mai. 2026.

BUONOCORE, E. *et al.* Trends and Evolution in the Concept of Marine Ecosystem Services: An Overview. **Water**, v. 13, n. 15, 2060, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13152060>

BUSTAMANTE, M.M.C. *et al.* **Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos.** In: JOLY, C. A. *et al.* (org.). Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos: Editora UFSCar, 2019. p. 145-178. Disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/09/BPBES_Completo_VF-1.pdf#page=48.12.

Acesso em 23 de mai. 2026.

CARO, T. *et al.* An inconvenient misconception: Climate change is not the principal driver of biodiversity loss. **Conservation Letters**, v. 15, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12868>

CERQUEIRA, H. M.; ROXO, M. J. L. B.; CALVO-CASES, A. Mitigação e adaptação às alterações climáticas no sul da Europa. In: **As Alterações Climáticas: Desafios e Respostas.** [S.l.]: [s.n.], 2023. p. 67–77. DOI: <https://doi.org/10.21747/978-989-9082-88-5/ovea5>.

CHASE, J. M. *et al.* Biodiversity conservation through the lens of metacommunity ecology. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1469, n. 1, p. 86–104, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.14378>

FELIPE, V. C. Biodiversidade em risco: a influência humana na sexta extinção em massa. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Biodiversidade Virtual**, 2024. DOI: 10.51189/conbiv2024/41204.

FRANÇA, A. S. Espécies invasoras e seus impactos ecológicos: análise dos desafios para a conservação no Brasil. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 24, n. 73, p. 1-18, 2025. DOI: 10.56238/bocav24n73-002. Disponível em:

<https://revistaboletimconjuntura.com.br/boca/article/view/8017>.

Acesso em 21 de mai. 2026.

FREITAS, J. R. de. **Funcionamento dos ecossistemas e conservação biológica**: poluição por luz artificial, oferecimento de serviços ecossistêmicos e diversidade funcional. 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/t.106.2017.tde-11112016-185627>.

GALETTI, G. *et al.* Análise multicriterial da estabilidade ecológica em três modelos de restauração florestal. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 48, p. 142–157, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5327/z2176-947820180301>.

GONZALEZ, A.; CHASE, J. M.; O'CONNOR, M. I. A framework for the detection and attribution of biodiversity change. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 378, n. 1881, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0182>

HEMP, A. Gain and loss: Human and environmental wellbeing – drivers of Kilimanjaro's decreasing biodiversity. **PLOS ONE**, v. 20, n. 10, e0334184, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0334184>

HOSSEINI, P. R. *et al.* Does the impact of biodiversity differ between emerging and endemic pathogens? The need to separate the concepts of hazard and risk. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 372, n. 1722, 20160129, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0129>

ISBELL, F. *et al.* Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. **Nature**, v. 546, n. 7656, p. 65–72, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature22899>

KANNAN, R.; JAMES, D. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. **Tropical Ecology**, v. 50, n. 1, p. 29-42, 2009. Disponível em: https://kipdf.com/effects-of-climate-change-on-global-biodiversity-a-review-of-key-literature_5b37a9b9097c47a32f8b469d.html. Acesso em 21 de mai. 2026.

LANARI, M.; COUTINHO, R. Biodiversidade e funcionamento de ecossistemas: síntese de um paradigma e sua expansão em ambientes marinhos. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 4, p. 959–988, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1404.09>.

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Australis**, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/7080>. Acesso em 21 de mai. 2026.

MONTOYA, J. M.; SOLÉ, R. V.; RODRÍGUEZ, A. La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas. **Revista Ecosistemas**, v. 10, n. 2, p. 1-12, 2001. Disponível em: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/313/308>. Acesso em 21 de mai. 2026.

MORAES, L. F. D. de; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 437–451, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.07>.

MORRIS, R. J. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1558, p. 3709–3718, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0273>

MURPHY, G. E. P.; ROMANUK, T. N. A meta-analysis of declines in local species richness from human disturbances. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 1, p. 91–103, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.909>

PAULA, G. A. R. de. Perspectiva histórica e estudo de conceitos em ecologia funcional. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 3, p. 331–346, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2013.1703.02>.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a restauração ecológica de ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550–565, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2403.02>.

SANTOS, G. N. L. **Efeitos da conversão de floresta tropical em usos antrópicos da terra sobre a diversidade de serpentes**. 2023. DOI: <https://doi.org/10.11606/t.91.2023.tde-10072023-173054>.

SANTOS, I. T. **Diversidade beta taxonômica e funcional dos peixes de água doce do Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/123456789/4483>. Acesso em 21 de mai. 2026.

SCHOOLER, S. L.; BELANT, J. L. Human Pressures Drive Global Mammalian Species Richness Loss and Community

Change. **Diversity and Distributions**, v. 31, n. 8, 2025.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.70076>

SIGMUND, G. *et al.* Addressing chemical pollution in biodiversity research. **Global Change Biology**, v. 29, n. 12, p. 3240–3255, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16689>

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. A conversão da Floresta Atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciencia**, v. 37, n. 9, p. 661-667, 2012. Disponível em: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/088-TABARELLI-5-2.pdf>. Acesso em 22 de mai. 2026.

VARDAKAS, L. *et al.* Global Patterns and Drivers of Freshwater Fish Extinctions: Can We Learn From Our Losses? **Global Change Biology**, v. 31, n. 5, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.70244>

VEZZANI, F. M. Soils and the ecosystem services. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 673–684, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150023>.

¹ Discente do Curso de Bacharelado em Biotecnologia do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

² Docente do Curso de Bacharelado em Biotecnologia do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

³ Docente do Curso de Bacharelado em Biotecnologia do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

⁴ Docente do Curso de Bacharelado em Biotecnologia do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas.

⁵ Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Polo de Tefé.