DINÂMICA DA BIODIVERSIDADE EM PAISAGENS TROPICAIS: UMA REVISÃO SOBRE IMPACTOS ANTRÓPICOS NA MASTOFAUNA DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Pedro de Menezes Nunes[1,4], Vinicius José Gonzaga dos Reis de Almeida[3,4], João Mauricio dos Anjos Araújo[2,4], Clarissa Mendes Knoechelmann[4,5], Felipe Fernando da Silva Siqueira[4,5].

[1] Graduado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará.
[2] Mestrando em Biologia Vegetal, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (PPGBV), Recife, Pernambuco.
[3] Mestrando em Biodiversidade e Evolução, Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução-PPGBE, Belém, Pará.
[4] ECoA (Grupo: Ecologia e Conservação da Amazônia -CNPq), Laboratório de Botânica e Ecologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Marabá, Pará.
[5] Professor(a) do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Instituto de Estudos em Saúde e Biológicas (IESB), Faculdade de Ciências Biológicas (FACBIO), Marabá, Pará

E-mail: Pedroicmbio24@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0007-3992-7531

Resumo: As perturbações antrópicas, intensificadas por processos como desmatamento, fragmentação e mudanças no uso do solo, têm promovido alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas tropicais, especialmente na Amazônia. Essas mudanças resultam na perda de espécies mais sensíveis e favorecem a expansão de organismos com maior plasticidade ecológica. Nesse contexto, a palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) destaca-se pela elevada capacidade de estabelecimento em ambientes antropizados, podendo atingir dominância e contribuir para a homogeneização da vegetação. Este processo pode reduzir a heterogeneidade ambiental e afetar a disponibilidade de recursos, com potenciais impactos sobre a fauna, particularmente a mastofauna, que desempenha funções ecológicas essenciais. Diante desse cenário, este artigo de revisão tem como objetivo sintetizar o conhecimento disponível sobre a dinâmica de dominância de *A. speciosa* e suas implicações ecológicas, com ênfase nas respostas da mastofauna em paisagens amazônicas modificadas. Busca-se integrar evidências sobre as interações entre vegetação dominante, pressões antrópicas e fauna, bem como identificar lacunas no conhecimento que possam orientar futuras pesquisas e subsidiar estratégias de conservação e manejo da biodiversidade em ecossistemas tropicais.

Palavras-chave: Florestas tropicais, Uso da terra, Dominância ecológica, Babaçu, Mastofauna, Fragmentação de habitats.

BIODIVERSITY DYNAMICS IN TROPICAL LANDSCAPES: A REVIEW OF ANTHROPOGENIC IMPACTS IN THE EASTERN AMAZON

Abstract: Human disturbances, intensified by processes such as deforestation, fragmentation, and land-use change, have promoted significant alterations in the structure and functioning of tropical ecosystems, particularly in the Amazon. These changes result in the loss of more sensitive species and favor the expansion of organisms with greater ecological plasticity. In this context, the babassu palm (*Attalea speciosa*) stands out due to its high capacity to establish in anthropogenically disturbed environments, where it may achieve dominance and contribute to vegetation homogenization. This process can reduce

environmental heterogeneity and affect resource availability, with potential impacts on fauna, particularly mammal communities, which perform essential ecological functions. Considering this scenario, this review aims to synthesize the available knowledge on the dominance dynamics of A. speciosa and its ecological implications, with an emphasis on mammalian responses in modified Amazonian landscapes. It seeks to integrate evidence on the interactions among dominant vegetation, anthropogenic pressures, and fauna, as well as to identify knowledge gaps that may guide future research and support biodiversity conservation and management strategies in tropical ecosystems.

Keywords: Tropical forests, Land use, Ecological dominance, Babassu palm, Mammal assemblages, Habitat fragmentation

INTRODUÇÃO

O aumento do desmatamento na Amazônia está associado a múltiplos vetores antrópicos, destacando-se a expansão da agropecuária, a agricultura de corte e queima e a intensificação da exploração madeireira (Defries *et al*., 2002; Riveiro *et al*., 2009). A ampliação do setor pecuário, impulsionada pela demanda do mercado, tem sido um dos principais fatores de conversão de áreas florestais, contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa e para alterações estruturais nos ecossistemas (Steffen *et al.*, 2015). Nesse contexto, as perturbações antrópicas não apenas modificam a paisagem local, mas também afetam processos ecológicos em escala regional e global (Steffen *et al.*, 2015). Entre os principais fatores, o desmatamento e as queimadas exercem papel central na alteração do ciclo hidrológico, promovendo a redução do regime de chuvas, o prolongamento da estação seca e mudanças nos processos de reciclagem de umidade na região (Silva Dias, 2006; Costa; Pires, 2009).

Apesar da intensificação dessas pressões, algumas espécies apresentam elevada plasticidade ecológica, sendo capazes de persistir e até se beneficiar de ambientes modificados. Assim, a palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng) destaca-se como uma espécie nativa com grande capacidade de estabelecimento em áreas perturbadas. Sua resistência a distúrbios, aliada à eficiente regeneração e produção de propágulos, favorece sua expansão e, em muitos casos, sua dominância em paisagens antropizadas (Ribeiro-Neto *et al*., 2016). Esse processo pode resultar na redução da heterogeneidade ambiental e na homogeneização biótica, com implicações diretas para a diversidade de espécies e para o funcionamento dos ecossistemas (Sales *et al*., 2020). Assim, compreender os fatores que condicionam a expansão e predominância de *A. speciosa* é fundamental para subsidiar estratégias de manejo sustentável e conservação da biodiversidade em ecossistemas amazônicos sob crescente pressão antrópica.

A Amazônia desempenha papel central na manutenção da biodiversidade global, abrigando uma das mais ricas faunas do planeta, chegando aproximadamente a 40 mil espécies vegetais, 3.000 de peixes e mais de 2.500 de vertebrados terrestres (Silva; Garda, 2010). Estima-se que a região suporte centenas de espécies de mamíferos, refletindo sua elevada complexidade ecológica e a diversidade de habitats disponíveis (Gonçalves *et al*., 2022). Essa riqueza está associada à heterogeneidade ambiental, que favorece a coexis-

tência de múltiplas espécies com diferentes estratégias ecológicas e funcionais (Linder *et al*., 2012).

Entretanto, essa diversidade tem sido progressivamente ameaçada por pressões antrópicas, como desmatamento, queimadas e degradação ambiental, que promovem a perda de habitat, a fragmentação da paisagem e alterações na estrutura das comunidades biológicas (Arroyo-rodrigues *et al*., 2020). Nesse âmbito, estudos de levantamento de fauna tornam-se fundamentais para o entendimento da biodiversidade e para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo. Esses estudos permitem não apenas o inventário de espécies, mas também a análise da composição, distribuição e padrões ecológicos das comunidades, fornecendo subsídios essenciais para avaliar os efeitos das perturbações ambientais sobre a fauna (Santana, 2025).

Este artigo de revisão tem como objetivo sintetizar e integrar o conhecimento disponível sobre a dinâmica ecológica da biodiversidade em paisagens amazônicas antropizadas, com ênfase na interação entre a dominância de espécies vegetais, como *Attalea speciosa*, e as respostas da mastofauna às pressões antrópicas. Busca-se analisar processos como desmatamento, fragmentação e uso do solo influenciam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, considerando tanto os efeitos sobre a vegetação quanto sobre os mamíferos e suas funções ecológicas. Adicionalmente, o estudo pretende identificar lacunas no conhecimento científico, especialmente no que se refere às interações planta-animal e aos efeitos cumulativos das perturbações ambientais, de modo a subsidiar futuras pesquisas e contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação e manejo da biodiversidade na Amazônia.

METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos neste estudo, realizou-se uma revisão da literatura científica em bases de dados reconhecidas, nomeadamente: Google Scholar (scholar.google.com.br), Periódicos CAPES (www.periodicos.capes.gov.br) e SciELO (www.scielo.org). O processo metodológico consistiu de acordo com a Análise de Conteúdo (Bardin, 2016) nas seguintes etapas: (i) busca sistemática por publicações relevantes; (ii) seleção criteriosa dos materiais com base em critérios de inclusão e exclusão; e (iii) análise aprofundada do conteúdo selecionado. Foram considerados diversos tipos de documentos científicos, incluindo livros, artigos de periódicos, teses e dissertações, desde que publicados e indexados nas referidas bases. Os seguintes termos de busca foram utilizados: “Biodiversidade amazônica", "paisagens antropizadas", "conectividade ecológica", "serviços ecossistêmicos na Amazônia", “Ecologia de mamíferos amazônicos”.

Aliado aos resultados obtidos, foi elaborada uma tabela síntese com o objetivo de apresentar um panorama claro dos principais temas abordados na literatura selecionada, bem como das lacunas identificadas nos estudos sobre biodiversidade em paisagens amazônicas. Essa tabela organiza, de forma visual e comparativa, a distribuição temática dos artigos, os métodos mais recorrentes, as regiões estudadas e os aspectos ainda pouco explorados, servindo como base para a discussão dos resultados e para recomendações de pesquisas futuras (Tabela 1).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Domínio amazônico

A floresta amazônica, com uma extensão superior a cinco milhões de quilômetros quadrados, é amplamente reconhecida como uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, abrigando mais da metade das florestas tropicais remanescentes no mundo, destaca-se entre os ecossistemas com os mais altos níveis de diversidade biológica global (Barbosa *et al.,* 2023). O Domínio Fitogeográfico da Amazônia ocupa cerca de seis milhões de quilômetros quadrados na porção norte da América do Sul, abrangendo nove países (Brasil, Peru, Venezuela, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Suriname e Equador) sendo a maior parte de sua extensão localizada no Brasil (Ter Steege *et al*., 2013).

A complexidade ecológica da floresta amazônica é um dos principais fatores que explicam sua grande biodiversidade. Em vez de formar um maciço florestal homogêneo, a região se organiza como um extenso mosaico de fitofisionomias e estágios sucessionais, resultantes de diversos gradientes ambientais, como: tipo de solo, regime de precipitação, frequência de inundações, relevo e altitude (IBGE, 2012). Esse conjunto de condições favorece a coexistência de diferentes formações vegetacionais, como: florestas ombrófilas e semideciduais, savanas, campos rupestres, campinas e capinaras, cada uma com características ecológicas e funcionais próprias (Ter Steege *et al*., 2013; Guimarães *et al*., 2016). Aliado a isto, nesta região vive até 180 povos indígenas, dando um total de aproximadamente 208 mil indivíduos, além de 357 comunidades remanescentes de quilombolas e milhares de comunidades de seringueiros, babaçueiros e ribeirinhos, ultimamente tem-se conhecimento da existência de povos indígenas em todas as áreas de federação. Ao todo, são 180 povos indígenas (ou 77% deles) vivem na Amazônia legal (Pabón-Caicedo *et al*., 2018).

Entretanto, essa complexidade ecológica e sociocultural encontra-se sob crescente pressão antrópica. A conversão de áreas florestais para atividades agropecuárias, associada ao desmatamento e à degradação ambiental, tem promovido a simplificação da paisagem e a perda de habitats (Riveiro *et al.,* 2009). Estas mudanças comprometem a integridade dos ecossistemas, afetando a biodiversidade e alterando processos ecológicos essenciais (Linder *et al*., 2012). Nesse contexto, a Floresta Amazônica pode ser compreendida como um sistema-chave na regulação ambiental global, desempenhando funções críticas na estabilidade climática, nos ciclos biogeoquímicos e na dinâmica hidrológica. Assim, a intensificação das pressões antrópicas não apenas reduz a diversidade biológica, mas também compromete a resiliência e o funcionamento dos ecossistemas amazônicos.

Tabela 1. Panorama dos principais temas e lacunas em estudos sobre biodiversidade da mastofauna em paisagens amazônicas.

Tema central	Subtemas	Foco na literatura	Lacunas de conhecimento	Implicações ecológicas/conservação
Pressões antrópicas	Desmatamento; fragmentação; urbanização; caça	Alterações estruturais e funcionais nos ecossistemas	Efeitos cumulativos pouco compreendidos	Urgência em estratégias integradas de conservação
Desfaunamento	Extinções locais; perda funcional; simplificação ecológica	Redução significativa da fauna, especialmente grandes vertebrados	Falta de séries temporais robustas	Comprometimento de processos ecológicos
Amazônia: estrutura ecológica	Heterogeneidade; fitofisionomias; gradientes ambientais	Alta diversidade associada à complexidade ambiental	Integração limitada entre escalas ecológicas	Necessidade de abordagens multiescalares
Amazônia: povos tradicionais	Extrativismo; conhecimento ecológico; uso da biodiversidade	Povos tradicionais contribuem para conservação e manejo sustentável	Subvalorização do conhecimento tradicional	Integração entre ciência e saber local
Dominância e homogeneização	Monodominância; perda de diversidade	Espécies dominantes podem reduzir a diversidade vegetal e simplificar comunidades	Poucos estudos sobre efeitos indiretos na fauna	Alteração da estrutura e função dos ecossistemas
Espécies “invasoras” vs dominantes	Conceitos ecológicos; espécies nativas expansivas	Espécies nativas podem apresentar comportamento dominante em ambientes perturbados	Confusão conceitual na literatura	Necessidade de precisão conceitual para manejo adequado
Palmeira babaçu (*Attalea speciosa*)	Distribuição; morfologia; usos	Espécie amplamente distribuída, com alta importância socioeconômica	Falta de integração entre estudos ecológicos e sociais	Relevância em sistemas socioecológicos
Babaçu em áreas antropizadas	Regeneração; resistência ao fogo; expansão	Alta capacidade de rebrota e colonização favorecida por distúrbios	Limites entre dominância natural e induzida ainda pouco claros	Espécie indicadora de perturbação ambiental

Evolução e diversidade de Mammalia	Origem; radiação adaptativa; diversidade global	Grande diversidade morfofuncional e ocupação de nichos	Lacunas filogenéticas em regiões tropicais	Base para estudos ecológicos e conservacionistas
Mastofauna brasileira	Distribuição; riqueza; estrutura funcional	Alta diversidade com concentração na Amazônia	Desigualdade amostral entre regiões	Necessidade de ampliar inventários
Mastofauna no Cerrado e Amazônia	Dieta; atividade; uso do habitat	Espécies exercem funções ecológicas-chave	Baixa representatividade de áreas impactadas	Importância para manutenção dos ecossistemas

Ecologia e dominância da palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) em paisagens modificadas

A palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart ex. Spreng, do tupi-guarani *ibá guaçu,* fruto grande) (Silva; Napolitano; Bastos, 2016) é espécie de vegetal que pertence à família Arecaceae. A palmeira babaçu apresenta um único caule, na qual pode medir até 30 cm de altura e 60 cm de diâmetro, possui inflorescências pistiladas e andrógenas, produz frutos elipsoides com até 15 centímetros de comprimento e sete centímetros de largura, chegando a pesar 0,4 quilos, tem a cor marrom e rica em lipídeos e suas folhas são retilíneas, podendo chegar a oito metros de comprimento (Lorenzi *et al*., 2010; Paixão *et al*., 2021). Tem mecanismo de geotropismo positivo, um crescimento que permite a proteção do meristema apical embaixo da terra, protegido abaixo do solo, de modo que se alguma parte da planta acima do solo sofrer qualquer tipo de dano, ele consegue regenerar (Kerbauy, 2004; Reis, 2019).

O babaçu está amplamente distribuído na região leste e periférica da Amazônia brasileira, estendendo-se também até áreas da Bolívia. No Brasil, sua ocorrência abrange uma vasta faixa territorial, estimando-se que ocupe cerca de 18 milhões de hectares, distribuídos pelos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Pará, Goiás, Mato Grosso, Amazonas, Rondônia, Ceará, Bahia e Minas Gerais (MDA, 2009). Essa extensa área de ocorrência sustenta o modo de vida de aproximadamente de extrativistas, graças à grande diversidade de usos da palmeira, que vão desde a raiz até as folhas (Araujo e Lopes, 2012). As palmeiras são encontradas em diversos locais, como estratos florestais, sítios topográficos e diferentes tipos de solo (Kahn e Castro., 1988; Arroyo-Rodríguez *et al*., 2007), entretanto, sua presença se sobressai em solos hidromórficos, menos desenvolvidos e estruturados (Kahn e Castro, 1988; Emílio *et al*., 2013). Na Caatinga do Nordeste semiárido é onde reside a maior concentração de camponeses no país, além de indígenas que mantém uma relação com a palmeira (May., 1986; González-Pérez *et al*., 2012) e especialmente nas zonas de transição para o Cerrado, o babaçu demonstra grande capacidade de resistência, ocupando áreas fortemente modificadas pela ação humana. Nessas regiões, a espécie mantém importância ecológica e econômica significativa, sendo uma das que prevaleceram na paisagem regional (Pinheiro e Frazão, 1995; Tei-

xeira e Carvalho, 2007). A palmeira babaçu é aproveitada em sua totalidade, sendo utilizada na construção civil, na culinária, como alimento para animais, como carvão vegetal e no artesanato. Segundo relatos da comunidade rural local do Bico do Papagaio (e.g. São Miguel do Tocantins, Axixá do Tocantins, Sítio Novo, Praia Norte, dentre outros), a palmeira também é utilizada como catalisador de água, conservando mais as pastagens nos locais em que há ocorrência de babaçuais (IPHAN, 2011).

Em áreas degradadas por ações antrópicas, esta espécie costuma se estabelecer, tornando-se dominante e prolongando seu crescimento ao longo dos processos contínuos de degradação. Sua capacidade de sobrevivência em várias áreas da região tropical se deve a duas principais características: (1) características ruderais, que diz respeito a resistência das palmeiras mais jovens ao corte e a queima, dinâmica vigorosa de rebrota a produção abundante de sementes, o que resulta as vezes em grandes áreas degradadas ocupadas por esta espécie; (2) tem grande valor econômico e social, pois do seu fruto tem a extração do óleo de babaçu que é de importância para cerca de 2 milhões de pessoas, fazendo-o uma espécie de destaque mundial entre as palmeiras de extrativismo (Teixeira e Carvalho, 2007). Sua germinação é remota, ou seja, mesmo frutos profundamente enterrados podem germinar, evitando a incidência direta de sol e protegendo-os do fogo, além de ocorrer próximo a indivíduos adultos, onde ficam protegidos pela sombra (Ebiwasa, 2010). Como as demais espécies do mesmo gênero *Attalea*, a palmeira babaçu tem características fisiológicas e morfológicas que proporcionam sua permanência no banco de sementes, mesmo que a área em questão tenha sofrido derrubada de florestas e limpezas de área feitas pelo fogo (Kahn; Granville, 1992; Kerbauy, 2004; Latorre *et al*., 2017). Ganhou este termo de "espécies invasora" por sua capacidade de proliferação se se estabelecer em locais que historicamente não faz parte, pois acabou sendo introduzida de forma intencional ou acidentalmente, sendo conhecidas por sua agressividade, se reproduzindo rapidamente, ocupando regiões e impedindo o crescimento de outras espécies no ambiente, alterando a manutenção ecológica e a heterogeneidade vegetal (Ricklefs; Relyea, 2016; Townsend; Begon; Harper, 2010).

A dominância de uma espécie em determinado local pode causar a homogeneização vegetal, desde que uma espécie dominante se torne hiper abundante, fazendo o ambiente perder sua diversidade botânica, substituindo espécies locais sensíveis a mudanças por outras de hábitos generalistas (McKinney; Lockwood, 1999; Ribeiro-Neto *et al.*, 2016). A invasão de espécies biológicas são um dos graves problemas ecológicos atuais. Isso é no estabelecimento de espécies animais ou vegetais de outras regiões, o que as caracteriza como exóticas, em ecossistemas naturais ou em áreas com influências do homem e seu posterior alastramento, de forma que passa a constituir o ambiente e causar problemas às espécies endógenas do ambiente e ao próprio funcionamento dos ecossistemas. Em diversos casos, a invasão biológica pode causar até mesmo a extinção de espécies (Pivello, Valéria R., 2006).

A classe Mammalia: uma síntese sobre diversidade, evolução e adaptação

A classe Mammalia forma um grupo diverso de espécies, formas, interações ecológicas, fisiologias, modo

de vida e comportamentos. Atualmente, estão descritas 6.759 espécies vivas ou recentemente extintas, número que continua crescendo com novas descrições, inclusive em grupo onde são bem estudados, como os primatas (Mammal Diversity Database, 2025; Geissmann *et al*., 2011). A subclasse Theria tem até 5.136 espécies (99% aproximadamente) que inclui mamíferos placentários, como roedores, primatas, bovinos, elefantes, morcegos e baleias, assim como os Metatérias, mamíferos como marsupiais (cangurus e gambás) (Jones Kate e Safi Kamran, 2011). A classe Prototheria é considerada ameaçada de extinção por possuir apenas cinco espécies registradas, o ornitorrinco e outros equidinas (Jones Kate e Safi Kamran, 2011).

Durante o período Triássico, há cerca de 220 milhões de anos, os mamíferos começaram a se diversificar a partir dos sinapsídeos, grupo derivado dos amniotas, que surgiram aproximadamente há 300 milhões de anos (Vaughan *et al*., 2000). Nesse contexto evolutivo, eram comuns formas primitivas de mamíferos ovíparos, especialmente entre os monotremados. O desenvolvimento do ovo amniótico representou uma adaptação fundamental, pois permitiu aos vertebrados a ocupação de ambientes mais variados e independentes da água para a reprodução (Vaughan *et al*., 2000). Após a extinção dos dinossauros no final do período Cretáceo, os mamíferos passaram por um processo de diversificação acelerada, iniciado cerca de 270 mil anos após o evento catastrófico. Esse processo foi favorecido, entre outros fatores, pelo aumento da temperatura global e pela expansão das plantas com flores, que ampliaram a oferta de recursos e nichos ecológicos. Ao longo da história evolutiva, surgiram os primeiros primatas na África há cerca de 50 milhões de anos, consolidando um importante grupo dentro da radiação adaptativa dos mamíferos (Gore, 2003; Beard, 1995).

As principais características dos mamíferos incluem a dentição diferenciada e especializada, composta por incisivos, caninos, pré-molares e molares, cada qual com funções específicas no processamento do alimento, como cortar, perfurar ou rasgar e triturar, de acordo com o tipo de dieta. Outro traço distintivo é a produção de leite pelas glândulas mamárias, que garante a alimentação dos filhotes nas fases iniciais do desenvolvimento. Além disso, o corpo recoberto por pelos atua na regulação da temperatura corporal, enquanto a elevada capacidade de aprendizagem está relacionada ao encéfalo bem desenvolvido (Phillips; Goswanmi, 2020). Os pelos exercem papel fundamental na termorregulação, pois mantêm uma camada de ar junto à superfície do corpo, reduzindo a perda de calor. Essa estrutura constitui a principal característica diagnosticada dos mamíferos e tem origem em células dérmicas, cobrindo grande parte do corpo na maioria das espécies, inclusive naquelas que apresentam placas ósseas, como os tatus (Reis *et al*., 2006).

Na América do sul, o desenvolvimento dos mamíferos foi influenciado por eventos geográficos e climáticos, como o Grande Intercâmbio Biótico Americano (GABI), impulsionado pela conexão dos continentes através do istmo do Panamá (Dalbosco., 2022; Rodrigues., 2017; Matte., 2012). Este fenômeno permitiu a migração de espécies da américa do Norte, fazendo uma transformação na fauna da sul-americana durante o período quaternário. Os ciclos glaciais, que ocorreram ao longo

de 2 milhões de anos impuseram limites adaptativos, favorecendo a expansão de vegetações campestres e estepes para a megafauna em períodos mais secos e frios (Dalbosco, 2022; Vanzolini, 1992). Por conta desta dinâmica ambiental, a especiação por meio da teoria de refúgios, na qual o período de dissecação climática isolava populações em manchas de vegetações, o que resultou em diferenciação genética e morfológica (Silva, 2007).

Diversidade e vulnerabilidade da mastofauna atual brasileira frente à fragmentação e ao uso do solo

A mastofauna brasileira tem 785 espécies já descritas, correspondendo a aproximadamente 10% das espécies de mamíferos descritas no mundo, sendo cerca de 60% dessas registradas na Floresta Amazônica, com 430 espécies (Alves, 2022). Em seguida, destaca-se a Mata Atlântica, com 298 espécies, enquanto os biomas Caatinga, Cerrado, Pampas e Pantanal apresentam, respectivamente, 153, 251, 83 e 141 espécies de mamíferos registradas (Paglia *et al*., 2012).

A Amazônia determina a sobrevivência de espécies variadas de mamíferos, indo pequenos roedores, aquáticos, como Peixes-boi e botos à ungulados, todos com papeis fundamentais para a manutenção da biodiversidade, representando 73% da mastofauna descrita no país (Gomes, 2025; Pena, 2023; Alves, 2022). As pesquisas nesta região vêm crescendo (Batista *et al*., 2022), entretanto estão voltadas a caracterização da riqueza, dos nichos temporais e padrões de atividades de mamíferos de médio e grande porte, especialmente em unidades de conservação e áreas de ecótono (Macedo; Silva, 2024; Batista *et al*., 2022. A mastofauna amazônica é composta, em sua expressiva maioria, por espécies de pequeno porte (roedores e marsupiais), que são essenciais para a manutenção dos ecossistemas, atuando como dispersores e predadores de sementes (Pena, 2023).

No Cerrado, em transição com a Amazônia Oriental, os mamíferos constituem o segundo grupo de vertebrados mais diversificado, representando aproximadamente 15% da fauna descrita para o bioma (Aguiar *et al*., 2004). Observa-se um crescimento no número de estudos sobre mamíferos no Cerrado, com maior concentração na região centro-sul, em razão da proximidade e do fácil acesso a grandes centros de pesquisa (Marinho-Filho *et al*., 2002). Pesquisas voltadas à caracterização da riqueza, dos hábitos alimentares e dos padrões de atividade de mamíferos de médio e grande porte têm sido realizadas com frequência nesse bioma (Rodrigues *et al*., 2002; Lyra-Jorge & Pivello, 2005; Rocha & Dalponte, 2006; Oliveira *et al*., 2009). Embora muitas espécies de mamíferos sejam consideradas raras no Cerrado, sua ocorrência é relativamente ampla e distribuída. A mastofauna do Cerrado é composta, em sua maioria, por espécies de pequeno porte, que podem representar até 24% dos mamíferos com massa corporal inferior a um quilo (Marinho-Filho *et al*., 2002).

As atividades antrópicas em áreas de Floresta Amazônica e Cerrado, incluindo a expansão da pecuária, a exploração madeireira e a urbanização, têm promovido transformações nos ecossistemas terrestres. Essas mudanças resultam em alterações no uso do solo, perda de biodiversidade, modificação da estrutura das comunidades biológicas e impactos nos fluxos biogeoquímicos e nos serviços ecossistêmicos

(Moraes, 2016). Em escala global, padrões semelhantes são observados em regiões tropicais, onde o desmatamento intensivo tem levado à redução da fauna, ao isolamento de remanescentes florestais e à fragmentação populacional, comprometendo a conectividade ecológica e a viabilidade das espécies (Fahrig, 2003; Laurance, 2008; Keenan *et al*., 2015).

O crescimento contínuo da população humana intensifica a pressão sobre os recursos naturais, ampliando práticas como a caça de animais silvestres e vem aumentando os conflitos entre humanos e fauna. Esse conjunto de fatores contribui para o fenômeno do desfaunamento, caracterizado pela perda progressiva de espécies e pela redução da abundância de vertebrados, especialmente de médio e grande porte (Moraes, 2016). Estima-se que cerca de um terço da mastofauna global esteja ameaçada de extinção, em decorrência de pressões como desmatamento, perda de habitat, caça excessiva, comércio ilegal e introdução de espécies exóticas (Schipper *et al*., 2008). Essas alterações têm implicações diretas sobre o funcionamento dos ecossistemas, uma vez que a perda de mamíferos pode comprometer processos ecológicos essenciais, como dispersão de sementes e circulação de nutrientes (Wolf *et al*., 2013; Mokany *et al*., 2014). Nesse contexto, torna-se fundamental ampliar o escopo dos estudos ecológicos para além de áreas protegidas, incorporando paisagens fragmentadas e ambientes antropizados. Essa abordagem permite compreender de forma mais realista os efeitos das perturbações sobre as comunidades biológicas e fornece subsídios mais robustos para a formulação de estratégias de conservação e manejo (Mariano *et al*., 2022).

Diante da intensificação e da sobreposição de múltiplas pressões antrópicas na Amazônia, como a fragmentação de habitats, a urbanização, a exploração de recursos naturais e as mudanças climáticas, torna-se essencial compreender não apenas os efeitos isolados dessas ameaças, mas também suas interações e efeitos cumulativos sobre a biodiversidade regional (Moraes, 2016). Os mamíferos exercem funções ecológicas-chave nos ecossistemas amazônicos, atuando na regulação de populações, dispersão de sementes e manutenção da estrutura biológica. No entanto, apesar de sua relevância ecológica, grande parte das espécies amazônicas ainda é insuficientemente amostrada em paisagens modificadas pelo homem, o que compromete a compreensão de suas respostas às pressões antrópicas e dificulta a formulação de estratégias de conservação baseadas em evidências (Cronemberguer *et al*., 2019).

CONCLUSÃO

As características morfológicas e fisiológicas da palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) favorecem sua elevada capacidade de estabelecimento e proliferação em ambientes antropizados, resultando frequentemente em sua dominância e na consequente homogeneização da vegetação. Esse processo, associado às pressões antrópicas recorrentes na Amazônia, contribui para alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas, com potenciais efeitos sobre a diversidade biológica.

A relação entre a expansão do babaçu e a sensibilidade da mastofauna às mudanças ambientais emerge como um eixo central para a compreensão das dinâmicas ecológicas em paisagens

modificadas. A substituição de ambientes heterogêneos por formações mais homogêneas pode afetar diretamente a composição, a distribuição e as funções ecológicas desempenhadas pelos mamíferos, especialmente aqueles mais sensíveis à fragmentação e à perda de habitat.

Nesse contexto, a análise integrada dos processos de dispersão, adaptação e dominância do babaçu, aliada à resposta da mastofauna às alterações ambientais, permite compreender como espécies vegetais podem atuar como agentes estruturadores das comunidades biológicas na Amazônia. Considerando o papel funcional dos mamíferos na manutenção dos ecossistemas, mudanças em sua composição podem comprometer processos ecológicos essenciais, como dispersão de sementes e regulação de populações.

Dessa forma, estratégias de conservação, políticas públicas e práticas de restauração ecológica devem incorporar uma abordagem integrada, que considere simultaneamente a dinâmica de espécies dominantes e a resposta da fauna às pressões antrópicas. Tal perspectiva é fundamental para a manutenção da diversidade biológica e do funcionamento dos ecossistemas amazônicos diante do avanço das transformações ambientais. Sugerimos que estudos futuros devem priorizar abordagens integradas que investiguem a dinâmica de expansão de *Attalea speciosa* em paisagens antropizadas e seus efeitos sobre a estrutura e diversidade da vegetação. Paralelamente, torna-se essencial compreender as respostas da mastofauna à homogeneização ambiental, com ênfase em alterações no uso do habitat, padrões de atividade e interações ecológicas. A análise das interações planta-animal, especialmente no que se refere à dispersão do babaçu e seus possíveis *feedbacks* ecológicos, representa uma lacuna promissora. Adicionalmente, estudos que considerem os efeitos cumulativos de múltiplas pressões antrópicas, bem como abordagens multiescalares e a integração do conhecimento tradicional, podem contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de conservação e restauração em ecossistemas amazônicos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. In: AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. (org.). Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa Cerrados. p. 17-40, 2004.

ALVES, M. J. P. Fatores determinantes do uso de habitats por mamíferos ungulados (Artiodactyla e Perissodactyla) na Amazônia oriental. 2022. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Belém, 2022.

ARAUJO, F. R.; LOPES, M. A. Diversidade de uso e conhecimento local de palmeiras (Arecaceae) na Amazônia oriental. Biodiversidade e Conservação, v. 21, p. 487-501, 2012.

ARROYO-RODRIGUEZ, V. *et al*. Impact of tropical forest fragmentation on population size of a structurally important palm species: Astrocaryum mexicanum at Los Tuxtlas, Mexico. Biological Conservation, v. 138, p. 198-206, 2007.

ARROYO-RODRÍGUEZ, VÍCTOR *et al*. Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology Letters*, [S. l.]. DOI: 10.1111/ele.13535, 2020.

BARBOSA, M. S.; LIMA, Janaína Paolucci Sales de; LIMA, Renato Abreu. Contribuições da educação ambiental para a biodiversidade no Amazonas: uma revisão integrativa. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), São Paulo, v. 18, n. 1, p. 194-210, 2023

BARDIN, L Análise de Conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016

BATISTA, N. L. *et al*. Medium and large-sized mammals of Cantão region, Tocantins, Brazil: inventory and habitat use. *Biota Neotropica*, v. 25, n. 1, e20241724, 2022. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2024-1724.

BEARD, K. C. The Asian anthropoids strike back. Science, v. 270, n. 5238, p. 1918-1920, 1995.

COSTA, Marcos Heil; Paulo A. A. Pauliquevis**.** Effects of land-use and land-cover changes on the regional climate over the Amazon basin. *Journal of Climate*, Boston, v. 22, n. 8, p. 1932–1950, 2009**.**

CRONEMBERGER, C. *et al*. Mamíferos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos: atualização da lista de espécies e implicações para a conservação. Oecologia Australis, v. 3, p. 632-649, 2019.

DALBOSCO, A. Mamíferos pleistocênicos da Região Sul do Brasil: levantamento e distribuição fóssil. 2022. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2022.

DEFRIES, R. S. *et al*. Carbon emissions from tropical deforestation and regrowth based on satellite observations for the 1980s and 1990s. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington, DC, v. 99, n. 22, p. 14256–14261. doi: 10.1073/pnas.182560099, 2002.

EBISAWA, S. M. Comparação dos estádios ontogenéticos da palmeira *Attalea dubia* em fragmentos de Mata Atlântica, RJ. Monografia. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

EMILIO, T. *et al*. Soil physical conditions limit palm and tree basal area in Amazonian forests. Plant Ecology & Diversity, v. 7, p. 1-15, 2013.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 34, p. 487-515, 2003.

GEISSMANN, Thomas *et al*. Total number of extant primate species and subspecies in 2010. International Journal of Primatology, New York, v. 32, p. 1379–1386, 2011.

GOMES, É. E. Educação ambiental: estratégias de preservação de mamíferos aquáticos da Amazônia no ensino básico em Amaturá, AM, Brasil. 2025. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências: Biologia e Química) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Natureza e Cultura, Benjamin Constant, 2025.

GONÇALVES, A. L. S. *et al***.** Composição de assembleias de mamíferos terrestres e seus fatores evolutivos na Amazônia. [S. l.: s. n.], 2022.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. E. *et al*. Conhecimento e usos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. e *Attalea eichleri* (Drude) A. J. Hend.) entre os Mebêngôkre-Kayapó da Terra Indígena Las Casas, estado do Pará, Brasil. Acta Botânica Brasileira, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 295-308, abr./jun. 2012.

GORE, R. The rise of mammals. National Geographic, v. 36, p. 26-61, 2003.

GUIMARÃES, F. S.; BUENO, G. T. As campinas e campinaranas amazônicas. Caderno de Geografia, v. 26, p. 113-133, 2016.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira: ecologia, composição e distribuição da vegetação do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Babaçu: patrimônio cultural da palmeira. Palmas: IPHAN/TO, 2011.

JONES, Kate E.; SAFI, Kamran. Global diversity of mammals: patterns, processes and conservation. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, London, v. 366, n. 1578, p. 2559–2567, 2011.

KAHN, F. *et al*. Distribuição de palmeiras em função da drenagem do solo, topografia, arquitetura e dinâmica florestal e atividades humanas. In: KAHN, F. Palmeiras em ecossistemas florestais da Amazônia. Berlim: Springer. p. 91-114, 1992.

KAHN, F.; CASTRO, A. The palm community in a forest of central Amazonia, Brazil. Biotropica, v. 20, p. 266-269, 1988.

KEENAN, R. J. *et al*. Dynamics of global forest area: results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. Forest Ecology and Management, v. 352, p. 9-20, 2015.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 452 p, 2004.

LATORRE, N. S. *et al*. Impactos de queimadas sobre diferentes tipos de cobertura da terra no leste da Amazônia Legal brasileira. Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, p. 1-20, 2017.

LAURANCE, W. F. Theory meets reality: how habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. Biological Conservation, v. 141, n. 7, p. 1731-1744, 2008.

LINDER, H. PETER *et al*. Biotic modifiers, environmental modulation and species distribution models. Journal of Biogeography, [S. l.]. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2012.02705.x, 2012.

LORENZI, H. *et al*. Flora brasileira: Arecaceae (palmeiras). Nova Odessa: Plantarum, 384 p, 2010.

LYRA-JORGE, M. C.; PIVELLO, V. R. Caracterização de grupos biológicos do Cerrado Pé-de-Gigante: mamíferos. In: PIVELLO, V. R.; VARANDA, E. M. (org.). O Cerrado Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga). São Paulo: SEMA. p. 80-92, 2005.

MACEDO, L. S. F.; SILVA, R. R. Temporal niche patterns of medium and large mammals in the Eastern Brazilian Amazon. *Biota Neotropica*, v. 25, n. 3, e20241688, 2025. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2024-1688

MAMMAL DIVERSITY DATABASE. ASM Mammal Diversity Database. Disponível em: https://www.mammaldiversity.org/.

MARIANO, N.; AQUINO, Maria Daniela Honório de; FERRAREZI JUNIOR, Edemar. A importância da recuperação de áreas degradadas: uma forma de conservação ambiental. *Interface Tecnológica*, Taquaritinga, v. 19, n. 1, p. 185-197, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i1.1347.

MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H. G.; JUAREZ, K. M. The mammals of the Cerrado: diversity, ecology, and natural history. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (org.). The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna. New York: Columbia University Press, p. 266-284, 2002.

MATTE, E. M. Filogeografia de *Puma concolor* (Carnivora, Felidae) na América do Sul. 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MAY, P. H. A modern tragedy of the non-commons: agro-industrial change and equity in Brazil's babassu palm zone. Ithaca: Cornell University Press, 1986.

MCKINNEY, Michael L.; LOCKWOOD, Julie L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. Trends in Ecology & Evolution, Amsterdam, v. 14, n. 11, p. 450–453, 1999.

MDA. Promoção nacional da cadeia de valor do coco babaçu. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009.

MOKANY, K., PRASAD, S., & WESTCOTT, D. A. Loss of frugivore seed dispersal services under climate change. Nature Communications, 5(May), 1–7. https://doi.org/10.1038/ncomm s4971, 2014.

MORAES, P. E. Múltiplas ameaças e um mosaico de manchas de habitat de qualidade variada: a persistência de grandes mamíferos em uma região amazônica pós-fronteira. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, V. B.; CÂMARA, E. M. V. C.; OLIVEIRA, L. C. Composição e caracterização da mastofauna de médio e grande porte do Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. Mastozoologia Neotropical, v. 2, p. 355-364, 2009.

PABÓN-CAICEDO, J. D. *et al*. Vulnerabilidade da bacia amazônica ante fenômenos hidroclimáticos extremos. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, v. 27, n. 1, p. 27-49, 2018.

PAGLIA, A. P. *et al*. Lista anotada dos mamíferos do Brasil / Annotated checklist of Brazilian mammals. 2. ed.

Arlington, VA: Conservation International. 76 p. (Occasional Papers in Conservation Biology, n. 6), 2012.

PAIXÃO, L. C. Aplicações farmacêuticas e bioprodutos do babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.). Revista de Ciências da Saúde, v. 2, p. 1-15, 2021.

PENA, S. A. Ecologia e Conservação de Pequenos Mamíferos Não-Voadores (Didelphimorfia, Rodentia) da Amazônia Brasileira. 2023. Tese (Doutorado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, 2023.

PHILLIPS, M. J.; GOSWAMI, A.; VEERAMAH, K. R. Resolving conflicts in Mesozoic mammals: reconciling phylogenetic incongruences among anatomical regions. Frontiers in Genetics, Lausanne, v. 11, e651. DOI: 10.3389/fgene.2020.00651, 2020.

PINHEIRO, C. U. B.; FRAZÃO, J. M. F. Integral processing of babassu palm fruits (Orbignya phalerata, Arecaceae): village-level production in Maranhão, Brazil. Economic Botany, v. 49, n. 1, p. 31-39, 1995.

PIVELLO, Valéria R. Invasões biológicas no Cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. Biodiversidade Brasileira, Brasília, n. 1, p. 16–37, 2006.

REIS, J. A. M. Dinâmica populacional de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex. Spreng.) em pastagens na Amazônia Oriental. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal da Amazônia, 2019.

RIBEIRO NETO, J. D. *et al*. Chronic anthropogenic disturbance causes homogenization of plant and ant communities in the Brazilian Caatinga. Biodiversity and Conservation, Cham, v. 25, n. 5, p. 943–956, 2016.

RICKLEFS, Robert E.; RELYEA, Rick. A economia da natureza. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

RIVERO, S. L. M. *et al*. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. Nova Economia, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 41–66, 2009.

ROCHA, C. E.; DALPONTE, J. C. Composição e caracterização da fauna de mamíferos de médio e grande porte em uma pequena reserva de Cerrado em Mato Grosso, Brasil. Revista Árvore, v. 4, p. 669-678, 2006.

RODRIGUES, A. M. DE M.. Filogenia molecular e morfológica de dois táxons neotropicais do gênero *Conepatus*: inferências sobre diversificação, especiação e revisão taxonômica do gênero. 2017. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

RODRIGUES, F. H. G. *et al*. Composição e caracterização da fauna de mamíferos do Parque Nacional das Emas, Goiás, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, v. 2, p. 589-600, 2002.

SALES, LILIAN P. *et al*. Non-equilibrium assessments of the effective protection of biodiversity in the face of climate change. Journal of Applied Ecology, [s. l.], v. 57, n. 11, p. 2248-2260, 2020.

SANTANA, V. de S. Lista anotada das espécies da mastofauna de médio a

grande porte da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025.

SCHIPPER, J. *et al*. The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. Science, v. 322, p. 225-230, 2008.

SILVA DIAS, M. A. F. Meteorologia, desmatamento e queimadas na Amazônia: uma síntese de resultados do LBA. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 21, n. 3a, p. 190–199, 2006.

SILVA, E. M. S.; NAPOLITANO, J. E.; BASTOS, S. Pequenos projetos ecossociais de quebradeiras de coco babaçu: reflexões e aprendizados. Brasília: ISPN, 2016.

SILVA, J. M. C.; GARDA, A. A. Padrões e processos biogeográficos na Amazônia. In: CARVALHO, C. J. B.; ALMEIDA, E. A. B. (org.). Biogeografia da América do Sul: padrões e processos. São Paulo: Roca. p. 189–197, 2010.

SILVA, P. A. H. da. A teoria dos refúgios florestais e sua relação com a extinção da megafauna pleistocênica: um estudo de caso. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 5, n. 1, p. 121–134, 2007.

STEFFEN, W.; RICHARDSON *et al*. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science, v. 348, n. 6240, p. 1217, 2015.

TEIXEIRA, M. A.; CARVALHO, M. G. Regulatory mechanism for biomass renewable energy in Brazil: a case study of the Brazilian babassu oil extraction industry. Energy, v. 32, p. 999-1005, 2007.

TER STEEGE, H. *et al*. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. Science, v. 342, n. 6156, p. 124392-1–124392-9, 2013.

TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. Fundamentos em ecologia. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

VANZOLINI, P. E. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 1992.

VAUGHAN, T. A.; RYAN, J. M.; CZAPLEWSKI, N. J. Mammalogy. Belmont: Thomson Learning, 565 p, 2000.

WOLF, A., DOUGHTY, C. E., & MALHI, Y. Lateral diffusion of nutrients by mammalian herbivores in terrestrial ecosystems. PLoS One, 8(8), 1–10. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071352, 2013.