

RESSALVA

Atendendo solicitação da
autora, o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 10/06/2027.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DA MATRIZ ANTRÓPICA E DA ESTRUTURA DA
PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL DA
VEGETAÇÃO DE FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA**

LISIANE DA SILVA MENDES MURILO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**CONTRIBUIÇÃO RELATIVA DA MATRIZ ANTRÓPICA E DA ESTRUTURA DA
PAISAGEM SOBRE A DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL DA
VEGETAÇÃO DE FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA**

LISIANE DA SILVA MENDES MURILO

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de doutor em Ecologia, Evolução e
Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Milton Cezar
Ribeiro

Coorientador: Dr. Felipe Martello Ribeiro

M977c

Murilo, Lisiane da Silva Mendes

Contribuição relativa da matriz antrópica e da estrutura da paisagem sobre a diversidade taxonômica e funcional da vegetação de fragmentos de Mata Atlântica / Lisiane da Silva Mendes Murilo. -- Rio Claro, 2025

65 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Milton Cezar Ribeiro

Coorientador: Felipe Martello Ribeiro

1. Ecologia da paisagem. 2. Fragmentação da paisagem. 3. Diversidade funcional vegetal. 4. Qualidade do habitat. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A presente pesquisa aborda dois temas importantes na Biologia da Conservação: a resposta da comunidade vegetal às mudanças ambientais e diretrizes essenciais para avaliar a qualidade do habitat. Avança o conhecimento científico ao fornecer subsídios relevantes para ações de manejo e recuperação de áreas degradadas em nível local, como fragmentos florestais, e regional, ao apresentar variações da diversidade funcional de espécies vegetais ao longo de gradientes ambientais. Além disso, auxilia a comunidade científica na aplicação de métodos de avaliação da qualidade do habitat, permitindo ações mais assertivas na gestão de paisagens ao indicar áreas prioritárias para conservação, identificadas por meio de indicadores adequados. Desenvolvida no bioma Mata Atlântica, no âmbito do Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD), a pesquisa apresenta ainda potencial social, cultural e educacional ao envolver moradores locais, cuja colaboração foi essencial para a coleta de material botânico e possibilitou a troca de saberes sobre práticas conservacionistas, fortalecendo a percepção da importância de preservar a floresta.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research addresses two important themes in Conservation Biology: the response of plant communities to environmental changes and essential guidelines for assessing habitat quality. It advances scientific knowledge by providing relevant insights for the management and restoration of degraded areas at the local level, such as forest fragments, and at the regional level, by presenting variations in the functional diversity of plant species along environmental gradients. Furthermore, it assists the scientific community in applying habitat quality assessment methods, enabling more assertive actions in landscape management by indicating priority areas for conservation, identified through appropriate indicators. Developed in the Atlantic Forest biome, within the scope of the Long-Term Ecological Project (PELD), the research also has social, cultural, and educational potential by involving local residents, whose collaboration was essential for the collection of botanical material and enabled the exchange of knowledge about conservation practices, strengthening the perception of the importance of preserving the forest.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Contribuição relativa da matriz antrópica e da estrutura da paisagem sobre a diversidade taxonômica e funcional da vegetação de fragmentos de Mata Atlântica

AUTORA: LISIANE DA SILVA MENDES MURILO

ORIENTADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO

COORIENTADOR: FELIPE MARTELLO RIBEIRO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MILTON CEZAR RIBEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Unesp - IB Rio Claro

Documento assinado digitalmente
 **MILTON CEZAR RIBEIRO**
Data: 18/06/2025 11:27:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. ÉRICA HASUI (Participação Virtual)
Instituto de Ciências da Natureza / Universidade Federal de Alfenas

Documento assinado digitalmente
 **ÉRICA HASUI**
Data: 16/06/2025 14:51:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. DÉBORA CRISTINA ROTHER (Participação Virtual)
Centro de Ciências da Natureza / Universidade Federal de São Carlos

Documento assinado digitalmente
 **DEBORA CRISTINA ROTHER**
Data: 24/06/2025 08:11:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Claro, 10 de junho de 2025

Dedico este trabalho ao meu esposo pelo amor e carinho, aos meus pais e à minha irmã pelo amor incondicional e o apoio incansável que foram a base e a inspiração para cada passo desta jornada.

Agradecimentos

Ao meu Senhor e Mestre, Jesus Cristo, por me fortalecer durante as dificuldades que enfrentei.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro, pela oportunidade de realizar o doutorado sob sua orientação e fazer parte de um grupo de pesquisa de excelência. Ao meu coorientador, Dr. Felipe Martello Ribeiro, por todos ensinamentos, pela paciência e por me inspirar a aprender mais sobre estatística, programação e sensoriamento remoto.

À equipe que me acompanhou no campo: o técnico, Carlos Fernando Sanches, a Dra. Tainá Mamede Cirne Silva e o ecólogo Rodrigo Cippolline Valim. Aos colegas do Laboratório de Ecologia Espacial e Conservação - LEEC: Juliana Bento, Fulbert Gnonlonfoun, Jean Pablo, Viviane Brito, Franciane Marchiori e Ruan Souza pela troca de experiências, e por todo auxílio durante o desenvolvimento desta pesquisa. À minha orientanda, Hellen, que foi muito importante para conclusão deste trabalho, auxiliando-me no processamento das amostras, na melhoria do ambiente de trabalho, por ter confiado a mim a missão de ser sua orientadora e pela amizade que construímos. Foi uma trajetória de muito aprendizado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico(CNPq), processo 140583/2021-1 pela concessão de bolsa nos primeiros meses do doutorado.

Às professoras Dra Debora Cristina Rother e Dra Érica Hasui por terem aceitado compor a banca avaliadora deste trabalho.

Ao meu esposo Lucas por todo apoio, carinho e amor durante a execução deste trabalho. Aos meus pais, Maurício e Adélia, e à minha irmã, Lígia, por sempre torcerem por mim e auxiliarem nos momentos difíceis ao longo desta jornada.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2022/09074-6. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

"For out there under the trees, the law of the jungle rules. Every species wants to survive, and each takes from the others what it needs. All are basically ruthless, and the only reason everything doesn't collapse is because there are safeguards against those who demand more than their due."

Peter Wohlleben

Resumo

A fragmentação afeta a comunidade vegetal ao reduzir a quantidade e qualidade da vegetação remanescente, aumentar a influência das bordas florestais e modificar a matriz do entorno. No entanto, poucos estudos buscaram compreender e quantificar essas influências de forma integrada. Ao mesmo tempo, a qualidade do habitat tem sido utilizado em muitos estudos envolvendo ecologia da paisagem; no entanto, existe uma grande heterogeneidade na forma como esta é medida. O presente estudo foi desenvolvido em dois capítulos, onde o primeiro busca avaliar a forma de quantificação da qualidade de habitat em estudos publicados que envolvem a ecologia da paisagem, e o segundo objetiva compreender a influência da estrutura da paisagem em diferentes escalas espaciais na diversidade da comunidade vegetal da região do Corredor Cantareira Mantiqueira. Foram desenvolvidas duas questões de pesquisa: 1. Como a qualidade do habitat está sendo medida em estudos publicados envolvendo ecologia de paisagem? 2. Como a matriz do entorno e a topografia influenciam a diversidade taxonômica e funcional da vegetação arbórea? A partir de uma revisão sistemática da literatura foram avaliados artigos no intervalo de 2010 a 2021, na base de dados Scopus. Critérios de seleção determinaram quais dos 2068 artigos resultantes da busca seriam tabulados, logo esses dados foram compilados de acordo com cada tipo de informações extraída. Assim foi possível apresentar o estado da arte sobre como a qualidade de habitat tem sido tratada na literatura, e uma prévia análise sobre como os estudos foram conduzidos, destacando os aspectos positivos e as lacunas no conhecimento, particularmente em estudos que incluem perspectivas de paisagem. As principais lacunas no conhecimento são a criação e disseminação de protocolos para avaliar qualidade de habitat em diferentes classes biológicas com especificações para os requisitos das espécies, além de protocolos para avaliação da qualidade de habitat no nível de comunidade. Para correlacionar as variáveis dependentes e independentes da segunda questão foram utilizados modelos lineares. A diversidade funcional e taxonômica foram principalmente influenciadas pela heterogeneidade da matriz, exercendo maior influência do que o gradiente topográfico. Os resultados reforçam a ideia de se avaliar a paisagem por uma abordagem contínua por meio de técnicas de sensoriamento remoto que são capazes de capturar informações detalhadas sobre a dinâmica, estrutura e características da vegetação e aspectos da heterogeneidade da paisagem, e por isso são importantes ferramentas de conservação, especialmente no monitoramento e modelagem de condições de habitat, detectando mudanças ao longo do tempo e identificando áreas em risco de degradação. Além disso, incorporar a dimensão funcional em estudos sobre os efeitos da estrutura da paisagem na comunidade vegetal é possível prever a variação espacial de processos ecológicos, funções ecossistêmicas e a capacidade de resiliência dos ecossistemas em paisagens fragmentadas de florestas tropicais.

Palavras-chave : diversidade funcional, fragmentação da paisagem, comunidade vegetal.

Abstract

Fragmentation affects the plant community by reducing the quantity and quality of remaining vegetation, increasing the influence of forest edges, and modifying the surrounding matrix. However, few studies have sought to understand and quantify these influences in an integrated manner. At the same time, habitat quality has been used in many landscape ecology studies; however, there is considerable heterogeneity in how it is measured. This study is divided into two chapters. The first seeks to evaluate how habitat quality is quantified in published landscape ecology studies, and the second aims to understand the influence of landscape structure at different spatial scales on the plant community diversity of the Cantareira-Mantiqueira Corridor region. Two research questions were addressed: 1. How is habitat quality measured in published landscape ecology studies? 2. How do the surrounding matrix and topography influence the taxonomic and functional diversity of tree vegetation? A systematic literature review evaluated articles from 2010 to 2021 in the Scopus database. Selection criteria determined which of the 2,068 articles resulting from the search would be tabulated, and these data were then compiled into pillars according to each type of information extracted. This allowed us to present the state of the art on how habitat quality has been addressed in the literature and a preliminary analysis of how studies have been extended, highlighting the positive aspects and gaps in knowledge, particularly in studies that include landscape perspectives. The main gaps in knowledge are the development and dissemination of protocols to assess habitat quality in different biological classes with specifications for species requirements, as well as protocols for assessing habitat quality without a community level. Linear models were used to correlate the dependent and independent variables of the second question. Functional and taxonomic diversity were primarily influenced by matrix heterogeneity, exerting a greater influence than the topographic gradient. The results reinforce the idea of assessing the landscape through a continuous approach using remote sensing techniques that are capable of capturing detailed information on the dynamics, structure, and characteristics of vegetation and aspects of landscape heterogeneity. Therefore, they are important conservation tools, especially for monitoring and modeling habitat conditions, detecting changes over time, and identifying areas at risk of manipulation. Furthermore, incorporating a functional dimension into studies on the effects of landscape structure on plant communities makes it possible to predict the spatial variation of ecological processes, ecosystem functions, and the resilience of ecosystems in fragmented tropical forest landscapes.

Keywords: functional diversity, landscape fragmentation, plant community

Lista de Figuras

1	Mapa de frequência de estudos em qualidade de habitat nos países onde foram desenvolvidos.	21
2	Frequência de estudos sobre qualidade de habitat em diferentes ambientes.	22
3	Frequência de tipos de estudo adotados pelos pesquisadores nos artigos sobre qualidade de habitat.	23
4	Frequência do nível de organização ecológico mais utilizado nos artigos sobre qualidade de habitat	23
5	Frequência de classes dos táxons mais estudados nos trabalhos sobre qualidade de habitat.	24
6	Frequência de variáveis <i>proxy</i> mais utilizadas como variável independente nos trabalhos sobre qualidade de habitat.	25
7	Frequência de variáveis <i>proxy</i> mais utilizadas como variável dependente nos trabalhos sobre qualidade de habitat.	26
8	Variáveis <i>proxy</i> de qualidade de habitat utilizadas nos trabalhos sobre qualidade de habitat.	27
9	Mapa de localização da área de coleta dos dados do projeto que está inclusa no Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração no Corredor Cantareira Mantiqueira - PELD CCM.	45
10	Modelos com maior força preditora para abundância e riqueza (A, B, C e D).	50
11	Modelos com maior força preditora para média ponderada da comunidade (CWM) dos atributos funcionais avaliados (E, F, G, H, I, J) e entropia quadrática (L).	53

Lista de Tabelas

1	Atributos funcionais de vegetação selecionados, funções ecossistêmicas e respostas ambientais associadas	46
2	Seleção de modelos dos efeitos da estrutura da paisagem sobre as respostas funcionais da vegetação dos fragmentos da Mata Atlântica do projeto PELD-CCM, Brasil	50

Sumário

Introdução Geral	14
Capítulo 1 - Qualidade do habitat na era da paisagem: quantificação, incompatibilidades, desafios e direções futuras	16
1 Introdução	16
2 Material e Métodos	19
3 Resultados	20
4 Discussão	27
5 Conclusão	33
Referências	34
Capítulo 2 - Influência da matriz antrópica sobre a diversidade vegetal em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica	40
1 Introdução	40
2 Materiais e Métodos	44
2.1 Diversidade taxonômica	45
2.2 Diversidade funcional	45
2.3 Estrutura da paisagem e Topografia	47
Análise dos Dados	48
3 Resultados	49
4 Discussão	54
5 Conclusão	56
Referências	57
Conclusão Geral	66

Introdução geral

As atividades humanas têm provocado a perda da diversidade de espécies e, consequentemente, de funções ecossistêmicas (Dobson et al., 2006). Uma das formas de avaliar o impacto dessas atividades sobre a biodiversidade é por meio da resposta funcional das espécies (Felipe-Lucia et al., 2020). Considerando que as plantas desempenham importantes funções ecossistêmicas, a avaliação de atributos de resposta adequados pode elucidar quais funções estão sendo perdidas ou se a divergência e a redundância funcional resultaram na resiliência do ecossistema após a perturbação (Aguirre-Gutiérrez et al., 2022).

Outra estratégia para avaliar os impactos na biodiversidade é a análise da qualidade do habitat, um importante indicador da capacidade do habitat em fornecer as condições necessárias à persistência das espécies (Mortelliti; Amori; Boitani, 2010).

As principais lacunas nessas abordagens referem-se, primeiramente, à indefinição quanto à escolha entre modelos tradicionais (baseados em mapas de uso do solo) e modelos contínuos (derivados de imagens espectrais) para explicar a diversidade taxonômica e funcional da vegetação. Métricas de heterogeneidade composicional derivadas de mapas de uso são comumente utilizadas como variáveis preditoras em modelos ecológicos para explicar a influência da paisagem sobre a diversidade funcional da vegetação (Cursach et al., 2020; Manguiera et al., 2021). No entanto, métricas baseadas em sensoriamento remoto têm se mostrado promissoras para prever respostas da biodiversidade frente a mudanças ambientais (Anderle et al., 2023; Regolin et al., 2020). Isso representa um novo paradigma da Ecologia da Paisagem, que avança do modelo tradicional de manchas-corredores-matriz para abordagens contínuas que melhor capturam a heterogeneidade da paisagem (Boscolo; Ferreira; Lopes, 2016).

Em segundo lugar, destaca-se a dificuldade na escolha adequada de proxys de qualidade de habitat, considerando o grupo biológico estudado e o nível de organização ecológica. Frequentemente, os estudos utilizam variáveis relacionadas à disponibilidade de recursos limitantes, índices de dinâmica populacional, padrões de distribuição espacial e temporal, bem como condições morfológicas e fisiológicas dos indivíduos (Mortelliti; Amori; Boitani, 2010). Ainda não há consenso, contudo, sobre quais variáveis devem ser utilizadas, como devem ser quantificadas e qual escala espacial deve ser considerada na avaliação da qualidade do habitat (Mortelliti; Amori; Boitani, 2010; Johnson; Arcata, 2005; Johnson, 2007).

Diante dessas lacunas, este trabalho propõe uma abordagem integrada que considera

tanto a qualidade do habitat, por meio de atributos funcionais, quanto a influência da estrutura da paisagem sobre a diversidade funcional. Essa integração permite capturar gradientes espaciais que afetam a diversidade da comunidade vegetal, bem como gradientes funcionais que podem servir como proxies de qualidade do habitat, especialmente em contextos de florestas tropicais fragmentadas. Assim, busca-se demonstrar que métricas derivadas de sensoriamento remoto e índices de diversidade funcional são ferramentas promissoras para aprimorar a predição de padrões ecológicos, superando as limitações dos modelos tradicionais baseados em classificações discretas de uso do solo.

A presente tese tem como objetivo compreender a influência da estrutura da paisagem, em diferentes escalas espaciais, sobre a diversidade da comunidade vegetal na região do Corredor Cantareira-Mantiqueira. Ela está estruturada em dois capítulos. O primeiro, intitulado “Qualidade do habitat na era da paisagem: quantificação, incompatibilidades, desafios e direções futuras”. O segundo tem como título “Influência da matriz antrópica sobre a diversidade vegetal em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica”.

O primeiro capítulo busca avaliar a forma de quantificação da qualidade de habitat em estudos publicados que envolvem a ecologia da paisagem, a partir de uma revisão sistemática da literatura. O segundo capítulo busca compreender a influência da matriz do entorno e da topografia na diversidade taxonômica e funcional da vegetação arbórea. Modelos lineares foram utilizados para relacionar as variáveis respostas (CWM, riqueza, abundância e diversidade de Shannon) com as preditoras (NDVI, porcentagem de classes de uso, densidade de classes de uso e variáveis topográficas).

Referências

- AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J.; BERENGUER, E.; OLIVERAS MENOR, I.; BAUMAN, D.; CORRAL-RIVAS, J. J.; NAVA-MIRANDA, M. G.; BOTH, S.; NDONG, J. E.; ONDO, F. E.; BENGONE, N. N. et al. Functional susceptibility of tropical forests to climate change. **Nature Ecology & Evolution**, Nature Publishing Group UK London, v. 6, n. 7, p. 878–889, 2022.
- BERNSTEIN, C.; KREBS, J. R.; KACFLNJK, A. Distribution of birds amongst habitats: theory and relevance to conservation. In: BIRD Population Studies: Relevance To Conservation And Management. [S.l.]: Oxford University Press, mai. 1991. ISBN 9780198577300. DOI: 10.1093/oso/9780198577300.003.0015.
- BROUGHTON, R. K.; BUBNICKI, J. W.; MAZIARZ, M. Multi-scale settlement patterns of a migratory songbird in a European primaeval forest. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Springer, v. 74, n. 10, p. 128, 2020.
- BRUELHEIDE, H.; DENGLER, J.; PURSCHKE, O.; LENOIR, J.; JIMÉNEZ-ALFARO, B.; HENNEKENS, S. M.; BOTTA-DUKÁT, Z.; CHYTRÝ, M.; FIELD, R.; JANSEN, F. et al. Global trait–environment relationships of plant communities. **Nature ecology & evolution**, Nature Publishing Group, v. 2, n. 12, p. 1906–1917, 2018.
- DEE, L. E.; KIMMEL, K.; HAYDEN, M. Biodiversity and ecosystem functioning in observational analyses. **The ecological and societal consequences of biodiversity loss**, John Wiley & Sons, p. 119–145, 2022.
- DENNIS, R. L.; DAPPORTO, L.; DOVER, J. W. Ten years of the resource-based habitat paradigm: the biotope-habitat issue and implications for conserving butterfly diversity. **Journal of Insect Biodiversity**, v. 2, n. 8, p. 1–32, 2014.
- DI FEBBRARO, M.; SALLUSTIO, L.; VIZZARRI, M.; DE ROSA, D.; DE LISIO, L.; LOY, A.; EICHELBERGER, B.; MARCHETTI, M. Expert-based and correlative models to map habitat quality: Which gives better support to conservation planning? **Global Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 16, e00513, 2018.

- DÍAZ, S.; HODGSON, J.; THOMPSON, K.; CABIDO, M.; CORNELISSEN, J. H.; JALILI, A.; MONTSERRAT-MARTÍ, G.; GRIME, J.; ZARRINKAMAR, F.; ASRI, Y. et al. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. **Journal of vegetation science**, Wiley Online Library, v. 15, n. 3, p. 295–304, 2004.
- DUARTE, G. T.; RIBEIRO, M. C.; PAGLIA, A. P. Ecosystem services modeling as a tool for defining priority areas for conservation. **PloS one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 11, n. 5, e0154573, 2016.
- EPPLEY, T. M.; SANTINI, L.; TINSMAN, J. C.; DONATI, G. Do functional traits offset the effects of fragmentation? The case of large-bodied diurnal lemur species. **American Journal of Primatology**, Wiley Online Library, v. 82, n. 4, e23104, 2020.
- FERNÁNDEZ, F. J.; MUÑOZ, M.; PONCE OLIVA, R. D.; VÁSQUEZ-LAVÍN, F.; GELCICH, S. Gaps, biases, and future directions in research on the impacts of anthropogenic land-use change on aquatic ecosystems: a topic-based bibliometric analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, Springer, v. 28, n. 32, p. 43173–43189, 2021.
- FILAZZOLA, A.; CAHILL, J. J. F. Replication in field ecology: Identifying challenges and proposing solutions. **Methods in Ecology and Evolution**, Wiley Online Library, v. 12, n. 10, p. 1780–1792, 2021.
- FLEISHMAN, E.; NOSS, R. F.; NOON, B. R. Utility and limitations of species richness metrics for conservation planning. **Ecological indicators**, Elsevier, v. 6, n. 3, p. 543–553, 2006.
- FORRESTER, T. R.; GREEN, D. J.; MCKIBBIN, R.; BEZENER, A. M.; BISHOP, C. A. Riparian habitat restoration increases the availability and occupancy of Yellow-breasted Chat territories but brood parasitism is the primary influence on reproductive performance. **The Condor**, Oxford University Press US, v. 122, n. 4, duaa038, 2020.
- GLORVIGEN, P.; GUNDERSEN, G.; ANDREASSEN, H. P.; IMS, R. A. The role of colonization in the dynamics of patchy populations of a cyclic vole species. **Oecologia**, Springer, v. 173, p. 161–167, 2013.
- GODET, L.; DEVICTOR, V. What conservation does. **Trends in ecology & evolution**, Elsevier, v. 33, n. 10, p. 720–730, 2018.
- GUSMÃO, P. H.; SENA, P. H.; BERNABÉ, T. N.; OUCHI-MELO, L. S.; GONÇALVES-SOUZA, T. Interspecific plant functional variation prevails over intraspecific variation in driving spider beta diversity. **Ecological Entomology**, Wiley Online Library, v. 45, n. 2, p. 202–212, 2020.
- HALL, L. S.; KRAUSMAN, P. R.; MORRISON. The habitat concept and a plea for standard terminology. **Wildlife society bulletin**, JSTOR, p. 173–182, 1997.

- HARVEY, J. W.; DORNBLASER, M. M.; STEWART, A. R.; GELLIS, A. C.; CONAWAY, C. H.; BAKER, N. T.; JASMANN, J. R.; REPERT, D. A.; SMITH, R. L.; TOMASZEWSKI, E. J. et al. Framework for a Gap Analysis of Aquatic Ecosystem Health. **Knowledge Gaps and Opportunities in Water-Quality Drivers of Aquatic Ecosystem Health**, p. 1, 2024.
- HEVIA, V.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; PALOMO, S.; GARCÍA-LLORENTE, M.; BELLO, F. de; GONZÁLEZ, J. A. Trait-based approaches to analyze links between the drivers of change and ecosystem services: Synthesizing existing evidence and future challenges. **Ecology and evolution**, Wiley Online Library, v. 7, n. 3, p. 831–844, 2017.
- HORTAL, J.; DE BELLO, F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R. J. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, Annual Reviews, v. 46, n. 1, p. 523–549, 2015.
- IBÁÑEZ, I.; KATZ, D. S.; PELTIER, D.; WOLF, S. M.; CONNOR BARRIE, B. T. Assessing the integrated effects of landscape fragmentation on plants and plant communities: the challenge of multiprocess–multiresponse dynamics. **Journal of Ecology**, Wiley Online Library, v. 102, n. 4, p. 882–895, 2014.
- JEPSEN, P.; JOHNSEN, S. P.; GILLMAN, M.; SØRENSEN, H. T. Interpretation of observational studies. **Heart**, BMJ Publishing Group Ltd, v. 90, n. 8, p. 956–960, 2004.
- JOHNSON, M. D. Measuring habitat quality: a review. **The Condor**, Oxford University Press, v. 109, n. 3, p. 489–504, 2007.
- JOHNSON, M. D.; ARCATA, C. Habitat quality: a brief review for wildlife biologists. **Transactions-Western Section of the Wildlife Society**, Wildlife Society, The Western Section; 1998, v. 41, p. 31, 2005.
- KAJZER-BONK, J.; SKÓRKA, P.; NOWICKI, P.; BONK, M.; KRÓL, W.; SZPIŁYK, D.; WOYCIECHOWSKI, M. Relative contribution of matrix structure, patch resources and management to the local densities of two large blue butterfly species. **PLoS One**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 11, n. 12, e0168679, 2016.
- MAKKI, T.; FAKHERAN, S.; MORADI, H.; IRAVANI, M.; SENN, J. Landscape-scale impacts of transportation infrastructure on spatial dynamics of two vulnerable ungulate species in Ghamishloo Wildlife Refuge, Iran. **Ecological indicators**, Elsevier, v. 31, p. 6–14, 2013.
- MORTELLITI, A.; SOZIO, G.; DRISCOLL, D. A.; BANI, L.; BOITANI, L.; LINDENMAYER, D. B. Population and individual-scale responses to patch size, isolation and quality in the hazel dormouse. **Ecosphere**, Wiley Online Library, v. 5, n. 9, p. 1–21, 2014.

- MORTELLITI, A.; AMORI, G.; BOITANI, L. The role of habitat quality in fragmented landscapes: a conceptual overview and prospectus for future research. **Oecologia**, Springer, v. 163, n. 2, p. 535–547, 2010.
- MOTT, R.; PROWSE, T. A.; JACKSON, M. V.; ROGERS, D. J.; O’CONNOR, J. A.; BROOKES, J. D.; CASSEY, P. Measuring habitat quality for waterbirds: A review. **Ecology and Evolution**, Wiley Online Library, v. 13, n. 4, e9905, 2023.
- MOUDRÝ, V.; CORD, A. F.; GÁBOR, L.; LAURIN, G. V.; BARTÁK, V.; GDULOVÁ, K.; MALAVASI, M.; ROCCHINI, D.; STEREŇCZAK, K.; PROŠEK, J. et al. Vegetation structure derived from airborne laser scanning to assess species distribution and habitat suitability: The way forward. **Diversity and Distributions**, Wiley Online Library, v. 29, n. 1, p. 39–50, 2023.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.
- NAGY, G. G.; LADÁNYI, M.; ARANY, I.; ASZALÓS, R.; CZÚCZ, B. Birds and plants: Comparing biodiversity indicators in eight lowland agricultural mosaic landscapes in Hungary. **Ecological Indicators**, Elsevier, v. 73, p. 566–573, 2017.
- OLIVEIRA, U.; PAGLIA, A. P.; BRESCOVIT, A. D.; CARVALHO, C. J. de; SILVA, D. P.; REZENDE, D. T.; LEITE, F. S. F.; BATISTA, J. A. N.; BARBOSA, J. P. P. P.; STEHMANN, J. R. et al. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distributions**, Wiley Online Library, v. 22, n. 12, p. 1232–1244, 2016.
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V.; UNDERWOOD, E. C.; D’AMICO, J. A.; ITUUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C. et al. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience**, American Institute of Biological Sciences, v. 51, n. 11, p. 933–938, 2001.
- RÍOS, C. de los; WATSON, J. E.; BUTT, N. Persistence of methodological, taxonomical, and geographical bias in assessments of species’ vulnerability to climate change: A review. **Global Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 15, e00412, 2018.
- SAGARIN, R.; PAUCHARD, A. Observational approaches in ecology open new ground in a changing world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Wiley Online Library, v. 8, n. 7, p. 379–386, 2010.
- SATIR, O.; ERDOGAN, M. A. Monitoring the land use/cover changes and habitat quality using Landsat dataset and landscape metrics under the immigration effect in subalpine eastern Turkey. **Environmental Earth Sciences**, Springer, v. 75, n. 15, p. 1118, 2016.

- SCHÜTZ, C.; RECKENDORFER, W.; SCHULZE, C. H. Local quality versus regional connectivity—habitat requirements of wintering woodpeckers in urban green spaces. **Journal of Urban Ecology**, Oxford University Press, v. 3, n. 1, jux019, 2017.
- SHARP, R.; DOUGLASS, J.; WOLNY, S.; ARKEMA, K.; BERNHARDT, J.; BIERBOWER, W.; CHAUMONT, N.; DENU, D.; FISHER, D.; GLOWINSKI, K. et al. InVEST User Guide—InVEST documentation. In: INVEST 3.10. 2. post21+ ug. gb784d7e. d20220301 User's Guid. [S.l.]: Nat. Cap. Proj. Stanford Univ. Univ. Minnesota, Nat. Conserv. World Wildl. Fund, 2020.
- SHI, X.; MAO, D.; SONG, K.; XIANG, H.; LI, S.; WANG, Z. Effects of landscape changes on water quality: A global meta-analysis. **Water Research**, Elsevier, v. 260, p. 121946, 2024.
- SOLIVERES, S.; VAN DER PLAS, F.; MANNING, P.; PRATI, D.; GOSSNER, M. M.; RENNER, S. C.; ALT, F.; ARNDT, H.; BAUMGARTNER, V.; BINKENSTEIN, J. et al. Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. **Nature**, Nature Publishing Group UK London, v. 536, n. 7617, p. 456–459, 2016.
- SPAACK, J. W.; GODOY, O.; DE LAENDER, F. Mapping species niche and fitness differences for communities with multiple interaction types. **Oikos**, Wiley Online Library, v. 130, n. 12, p. 2065–2077, 2021.
- TIELENS, E. K.; GRUNER, D. S. Intraspecific variation in host plant traits mediates taxonomic and functional composition of local insect herbivore communities. **Ecological Entomology**, Wiley Online Library, v. 45, n. 6, p. 1382–1395, 2020.
- TOLEDO, R. M. de; PIVELLO, V. R.; PERRING, M. P.; VERDADE, L. M. Natural vegetation biomass and the dimension of forest quality in tropical agricultural landscapes. **Ecological Applications**, Wiley Online Library, v. 34, n. 3, e2950, 2024.
- UHL, B.; WÖLFLING, M.; FIEDLER, K. Qualitative and quantitative loss of habitat at different spatial scales affects functional moth diversity. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Frontiers Media SA, v. 9, p. 637371, 2021.
- VANDEWALLE, M.; DE BELLO, F.; BERG, M. P.; BOLGER, T.; DOLÉDEC, S.; DUBS, F.; FELD, C. K.; HARRINGTON, R.; HARRISON, P. A.; LAVOREL, S. et al. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. **Biodiversity and Conservation**, Springer, v. 19, p. 2921–2947, 2010.
- VEECH, J. A. **Habitat ecology and analysis**. [S.l.]: Oxford University Press, 2021.
- VIOLLE, C.; NAVAS, M.-L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, Wiley Online Library, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.

YAO, L.; XU, Y.; WU, C.; DENG, F.; YAO, L.; AI, X.; ZANG, R. Variation in the functional traits of forest vegetation along compound habitat gradients in different climatic zones in China. **Forests**, MDPI, v. 14, n. 6, p. 1232, 2023.

Referências

- AGUIRRE-GUTIÉRREZ, J.; RIFAI, S.; SHENKIN, A.; OLIVERAS, I.; BENTLEY, L. P.; SVÁTEK, M.; GIRARDIN, C. A.; BOTH, S.; RIUTTA, T.; BERENGUER, E. et al. Pantropical modelling of canopy functional traits using Sentinel-2 remote sensing data. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 252, p. 112122, 2021.
- ALMEIDA, D. S. d. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. [S.l.]: Editus, 2016.
- AMATULLI, G.; DOMISCH, S.; TUANMU, M.-N.; PARMENTIER, B.; RANIPETA, A.; MALCZYK, J.; JETZ, W. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. **Scientific data**, Nature Publishing Group, v. 5, n. 1, p. 1–15, 2018.
- ANDERLE, M.; BRAMBILLA, M.; HILPOLD, A.; MATABISHI, J. G.; PANICCIA, C.; ROCCHINI, D.; ROSSIN, J.; TASSER, E.; TORRESANI, M.; TAPPEINER, U. et al. Habitat heterogeneity promotes bird diversity in agricultural landscapes: Insights from remote sensing data. **Basic and Applied Ecology**, Elsevier, v. 70, p. 38–49, 2023.
- ANDERSON, D.; BURNHAM, K. Model selection and multi-model inference. **Second. NY: Springer-Verlag**, v. 63, n. 2020, p. 10, 2004.
- APG; CHASE, M. W.; CHRISTENHUSZ, M. J.; FAY, M. F.; BYNG, J.; JUDD, W.; SOLTIS, D.; MABBERLEY, D.; SENNIKOV, A.; SOLTIS, P. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- AREENDRAN, G.; SAHANA, M.; RAJ, K.; KUMAR, R.; SIVADAS, A.; KUMAR, A.; DEB, S.; GUPTA, V. D. A systematic review on high conservation value assessment (HCVs): Challenges and framework for future research on conservation strategy. **Science of the Total Environment**, Elsevier, v. 709, p. 135425, 2020.
- ARNOLD, T. W. Uninformative parameters and model selection using Akaike's Information Criterion. **The Journal of wildlife management**, Wiley Online Library, v. 74, n. 6, p. 1175–1178, 2010.

- BADOURDINE, C.; FÉRET, J.-b.; PÉLISSIER, R.; VINCENT, G. Exploring the link between spectral variance and upper canopy taxonomic diversity in a tropical forest: influence of spectral processing and feature selection. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, Wiley Online Library, v. 9, n. 2, p. 235–250, 2023.
- BÁEZ, S.; FADRIQUE, B.; FEELEY, K.; HOMEIER, J. Changes in tree functional composition across topographic gradients and through time in a tropical montane forest. **PLoS One**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 17, n. 4, e0263508, 2022.
- BELCIK, M.; LENDA, M.; AMANO, T.; SKÓRKA, P. Different response of the taxonomic, phylogenetic and functional diversity of birds to forest fragmentation. **Scientific reports**, Nature Publishing Group UK London, v. 10, n. 1, p. 20320, 2020.
- BOSCOLO, D.; FERREIRA, P. A.; LOPES, L. E. Da matriz à matiz: em busca de uma abordagem funcional na Ecologia de Paisagens. **Filosofia e História da Biologia**, Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia-ABFHiB, v. 11, n. 2, p. 157–187, 2016.
- BOTTA-DUKÁT, Z. Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. **Journal of vegetation science**, Wiley Online Library, v. 16, n. 5, p. 533–540, 2005.
- BOUKILI, V. K.; CHAZDON, R. L. Environmental filtering, local site factors and landscape context drive changes in functional trait composition during tropical forest succession. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Elsevier, v. 24, p. 37–47, 2017.
- CARREÑO-ROCABADO, G.; PEÑA-CLAROS, M.; BONGERS, F.; DÍAZ, S.; QUÉTIER, F.; CHUVIÑA, J.; POORTER, L. Land-use intensification effects on functional properties in tropical plant communities. **Ecological Applications**, Wiley Online Library, v. 26, n. 1, p. 174–189, 2016.
- CAVENDER-BARES, J.; SCHNEIDER, F. D.; SANTOS, M. J.; ARMSTRONG, A.; CARNAVAL, A.; DAHLIN, K. M.; FATOYINBO, L.; HURTT, G. C.; SCHIMEL, D.; TOWNSEND, P. A. et al. Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. **Nature Ecology & Evolution**, Nature Publishing Group UK London, v. 6, n. 5, p. 506–519, 2022.
- CHAVE, J. Measuring wood density for tropical forest trees: a field manual. **Sixth Framework Programme**, v. 6, 2006.
- CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology letters**, Wiley Online Library, v. 12, n. 4, p. 351–366, 2009.

- CHEN, B.; JIN, Y.; BROWN, P. An enhanced bloom index for quantifying floral phenology using multi-scale remote sensing observations. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier, v. 156, p. 108–120, 2019.
- CIRIMWAMI, L.; DOUMENGE, C.; KAHINDO, J.-M.; AMANI, C. The effect of elevation on species richness in tropical forests depends on the considered lifeform: results from an East African mountain forest. **Tropical Ecology**, Springer, v. 60, n. 4, p. 473–484, 2019.
- CORNELISSEN, J. H.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D.; REICH, P. B.; TER STEEGE, H.; MORGAN, H.; VAN DER HEIJDEN, M. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, CSIRO Publishing, v. 51, n. 4, p. 335–380, 2003.
- CURSACH, J.; RITA, J.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, C.; CARDONA, C.; CAPÓ, M.; LÁZARO, A. The role of landscape composition and heterogeneity on the taxonomical and functional diversity of Mediterranean plant communities in agricultural landscapes. **PLoS One**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 15, n. 9, e0238222, 2020.
- DÍAZ, S.; HODGSON, J.; THOMPSON, K.; CABIDO, M.; CORNELISSEN, J. H.; JALILI, A.; MONTSERRAT-MARTÍ, G.; GRIME, J.; ZARRINKAMAR, F.; ASRI, Y. et al. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. **Journal of vegetation science**, Wiley Online Library, v. 15, n. 3, p. 295–304, 2004.
- DIÁZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in ecology & evolution**, Elsevier, v. 16, n. 11, p. 646–655, 2001.
- DOBSON, A.; LODGE, D.; ALDER, J.; CUMMING, G. S.; KEYMER, J.; MCGLADE, J.; MOONEY, H.; RUSAK, J. A.; SALA, O.; WOLTERS, V. et al. Habitat loss, trophic collapse, and the decline of ecosystem services. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 87, n. 8, p. 1915–1924, 2006.
- DOHERTY, T. S.; DRISCOLL, D. A. Coupling movement and landscape ecology for animal conservation in production landscapes. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, The Royal Society, v. 285, n. 1870, p. 20172272, 2018.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 34, n. 1, p. 487–515, 2003.
- _____. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. **Journal of biogeography**, Wiley Online Library, v. 40, n. 9, p. 1649–1663, 2013.

- FALSTER, D. S.; WESTOBY, M. Alternative height strategies among 45 dicot rain forest species from tropical Queensland, Australia. **Journal of ecology**, Wiley Online Library, v. 93, n. 3, p. 521–535, 2005.
- FELIPE-LUCIA, M. R.; SOLIVERES, S.; PENONE, C.; FISCHER, M.; AMMER, C.; BOCH, S.; BOEDDINGHAUS, R. S.; BONKOWSKI, M.; BUSCOT, F.; FIORE-DONNO, A. M. et al. Land-use intensity alters networks between biodiversity, ecosystem functions, and services. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Academy of Sciences, v. 117, n. 45, p. 28140–28149, 2020.
- GILEA, N. A.; PĂTRU-STUPARIU, I. Environmental variables: key elements in the assessment of landscape permeability—a review. **Landscape Research**, Taylor & Francis, p. 1–16, 2025.
- HOSSAIN, M. L.; LI, J. NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events. **Global Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 30, e01768, 2021.
- HUANG, J.; LI, X.; ZHANG, S.; WU, S.; MA, M. Response of riparian plant community to landscape matrix differs by taxonomic and functional diversity: Implications for the planning of riparian landscapes regulated by dams. **Science of The Total Environment**, Elsevier, v. 907, p. 167768, 2024.
- JACKSON, H. B.; FAHRIG, L. **Are ecologists conducting research at the optimal scale?** v. 24. [S.l.]: Wiley Online Library, 2015. P. 52–63.
- JAKOVAC, C. C.; JUNQUEIRA, A. B.; CROUZEILLES, R.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R. C.; BONGERS, F. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. **Biological Reviews**, Wiley Online Library, v. 96, n. 4, p. 1114–1134, 2021.
- KING, R. Statistical Ecology. **Annual Review of Statistics and Its Application**, Elsevier, v. 1, p. 401–426, 2014.
- KUIPERS, K. J.; HILBERS, J. P.; GARCIA-ULLOA, J.; GRAAE, B. J.; MAY, R.; VERONES, F.; HUIJBREGTS, M. A.; SCHIPPER, A. M. Habitat fragmentation amplifies threats from habitat loss to mammal diversity across the world's terrestrial ecoregions. **One Earth**, Elsevier, v. 4, n. 10, p. 1505–1513, 2021.
- LEPŠ, J.; BELLO, F. de. Differences in trait–environment relationships: implications for community weighted means tests. **Journal of Ecology**, Wiley Online Library, v. 111, n. 11, p. 2328–2341, 2023.
- LINO, A.; FONSECA, C.; ROJAS, D.; FISCHER, E.; PEREIRA, M. J. R. A meta-analysis of the effects of habitat loss and fragmentation on genetic diversity in mammals. **Mammalian Biology**, Springer, v. 94, p. 69–76, 2019.

LIU, X.; FREY, J.; MUNTEANU, C.; DENTER, M.; KOCH, B. Tree species diversity mapping from spaceborne optical images: The effects of spectral and spatial resolution. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, Wiley Online Library, v. 10, n. 4, p. 463–479, 2024.

LOHBECK, M.; POORTER, L.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F. Biomass is the main driver of changes in ecosystem process rates during tropical forest succession. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 96, n. 5, p. 1242–1252, 2015.

MANGUEIRA, J. R.; VIEIRA, L. T.; AZEVEDO, T. N.; SABINO, A. P. S.; FERRAZ, K. M.; FERRAZ, S. F.; ROTHER, D. C.; RODRIGUES, R. R. Plant diversity conservation in highly deforested landscapes of the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 19, n. 1, p. 69–80, 2021.

MARTELLO, F.; SANTOS, J. S.; SILVA-NETO, C. M.; CÁSSIA-SILVA, C.; SIQUEIRA, K. N.; ATAÍDE, M. V. R. de; RIBEIRO, M. C.; COLLEVATTI, R. G. Landscape structure shapes the diversity of plant reproductive traits in agricultural landscapes in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Elsevier, v. 341, p. 108216, 2023.

MARTELLO, F.; DE BELLO, F.; MORINI, M. S. d. C.; SILVA, R. R.; SOUZA-CAMPANA, D. R. d.; RIBEIRO, M. C.; CARMONA, C. P. Homogenization and impoverishment of taxonomic and functional diversity of ants in Eucalyptus plantations. **Scientific reports**, Nature Publishing Group UK London, v. 8, n. 1, p. 3266, 2018.

MARTÍNEZ-VILLA, J. A.; DURÁN, S. M.; ENQUIST, B. J.; DUQUE, A.; MESSIER, C.; PAQUETTE, A. Temporal shifts in the functional composition of Andean forests at different elevations are driven by climate change. **Global Ecology and Biogeography**, Wiley Online Library, v. 33, n. 1, p. 85–99, 2024.

MATSUO, T.; POORTER, L.; SANDE, M. T. van der; MOHAMMED ABDUL, S.; KOYIBA, D. W.; OPOKU, J.; WIT, B. de; KUZEE, T.; AMISSAH, L. Drivers of biomass stocks and productivity of tropical secondary forests. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 106, n. 1, e4488, 2025.

MCCARTHY, E. D.; MARTIN, J. M.; BOER, M. M.; WELBERGEN, J. A. Drone-based thermal remote sensing provides an effective new tool for monitoring the abundance of roosting fruit bats. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, Wiley Online Library, v. 7, n. 3, p. 461–474, 2021.

MEIRELES, J. E.; CAVENDER-BARES, J.; TOWNSEND, P. A.; USTIN, S.; GAMON, J. A.; SCHWEIGER, A. K.; SCHAEPMAN, M. E.; ASNER, G. P.; MARTIN, R. E.; SINGH, A. et al. Leaf reflectance spectra capture the evolutionary history of seed plants. **New Phytologist**, Wiley Online Library, v. 228, n. 2, p. 485–493, 2020.

MÉNDEZ-TORIBIO, M.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; NAVARRETE-SEGUEDA, A.; PAZ, H. Topographic position, but not slope aspect, drives the dominance of functional strategies of tropical dry forest trees. **Environmental Research Letters**, IOP Publishing, v. 12, n. 8, p. 085002, 2017.

NIINEMETS, Ü. Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. **Ecology**, Wiley Online Library, v. 82, n. 2, p. 453–469, 2001.

ODDERSHEDE, A.; SVENNING, J.-C.; DAMGAARD, C. Topographically determined water availability shapes functional patterns of plant communities within and across habitat types. **Plant Ecology**, Springer, v. 216, p. 1231–1242, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A. S.; TABARELLI, M. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx**, Cambridge University Press, v. 38, n. 4, p. 389–394, 2004.

_____. _____. **Oryx**, Cambridge University Press, v. 38, n. 4, p. 389–394, 2004.

PARVIAINEN, M.; LUOTO, M.; HEIKKINEN, R. K. The role of local and landscape level measures of greenness in modelling boreal plant species richness. **Ecological Modelling**, Elsevier, v. 220, n. 20, p. 2690–2701, 2009.

PEJCHAR, L.; HOLL, K. D.; LOCKWOOD, J. L. Hawaiian honeycreeper home range size varies with habitat: implications for native *Acacia koa* forestry. **Ecological Applications**, Wiley Online Library, v. 15, n. 3, p. 1053–1061, 2005.

PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; DIAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M. S.; CORNWELL, W. K.; CRAINE, J. M.; GURVICH, D. E. et al. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, CSIRO Publishing, v. 64, n. 8, p. 715–716, 2013.

PÜTTKER, T.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; SCHMOELLER, M.; MAURENZA, D.; ALVES-PINTO, H.; PARDINI, R.; VIEIRA, M. V.; BANKS-LEITE, C.; FONSECA, C. R. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, Elsevier, v. 241, p. 108368, 2020.

RAHIMI, E.; JUNG, C. Analyzing vegetation heterogeneity trends in an urban-agricultural landscape in Iran using continuous metrics and NDVI. **Land**, MDPI AG, v. 14, n. 2, p. 244, 2025.

REDDY, C. S.; KURIAN, A.; SRIVASTAVA, G.; SINGHAL, J.; VARGHESE, A.; PADALIA, H.; AYYAPPAN, N.; RAJASHEKAR, G.; JHA, C.; RAO, P. Remote sensing enabled essential biodiversity variables for biodiversity assessment and

monitoring: technological advancement and potentials. **Biodiversity and Conservation**, Springer, v. 30, p. 1–14, 2021.

REGOLIN, A. L.; RIBEIRO, M. C.; MARTELLO, F.; MELO, G. L.; SPONCHIADO, J.; CAMPANHA, L. F. d. C.; SUGAI, L. S. M.; SILVA, T. S. F.; CÁCERES, N. C. Spatial heterogeneity and habitat configuration overcome habitat composition influences on alpha and beta mammal diversity. **Biotropica**, Wiley Online Library, v. 52, n. 5, p. 969–980, 2020.

RIVA, F.; KOPER, N.; FAHRIG, L. Overcoming confusion and stigma in habitat fragmentation research. **Biological Reviews**, Wiley Online Library, v. 99, n. 4, p. 1411–1424, 2024.

ROCCHINI, D.; BACARO, G.; CHIRICI, G.; DA RE, D.; FEILHAUER, H.; FOODY, G. M.; GALLUZZI, M.; GARZON-LOPEZ, C. X.; GILLESPIE, T. W.; HE, K. S. et al. Remotely sensed spatial heterogeneity as an exploratory tool for taxonomic and functional diversity study. **Ecological indicators**, Elsevier, v. 85, p. 983–990, 2018.

ROCCHINI, D.; BALKENHOL, N.; CARTER, G. A.; FOODY, G. M.; GILLESPIE, T. W.; HE, K. S.; KARK, S.; LEVIN, N.; LUCAS, K.; LUOTO, M. et al. Remotely sensed spectral heterogeneity as a proxy of species diversity: recent advances and open challenges. **Ecological Informatics**, Elsevier, v. 5, n. 5, p. 318–329, 2010.

ROCHA-SANTOS, L.; FARIA, D.; MARIANO-NETO, E.; ANDRADE, E.; BOMFIM, J.; TALORA, D.; PESSOA, M.; CAZETTA, E. Taxonomic, phylogenetic and functional responses of plant communities in different life-stages to forest cover loss. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Elsevier, v. 21, n. 2, p. 136–142, 2023.

SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO, J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A. P. Global biodiversity scenarios for the year 2100. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 287, n. 5459, p. 1770–1774, 2000.

SANTO-SILVA, E. E.; ALMEIDA, W. R.; TABARELLI, M.; PERES, C. A. Habitat fragmentation and the future structure of tree assemblages in a fragmented Atlantic forest landscape. **Plant ecology**, Springer, v. 217, p. 1129–1140, 2016.

SCHNEIDER, F. D.; MORSDORF, F.; SCHMID, B.; PETCHEY, O. L.; HUENI, A.; SCHIMEL, D. S.; SCHAEPMAN, M. E. Mapping functional diversity from remotely sensed morphological and physiological forest traits. **Nature communications**, Nature Publishing Group UK London, v. 8, n. 1, p. 1441, 2017.

- SOUZA, C. R.; MARIANO, R. F.; MAIA, V. A.; POMPEU, P. V.; DOS SANTOS, R. M.; FONTES, M. A. L. Carbon stock and uptake in the high-elevation tropical montane forests of the threatened Atlantic Forest hotspot: Ecosystem function and effects of elevation variation. **Science of The Total Environment**, Elsevier, v. 882, p. 163503, 2023.
- TONETTI, V.; PENA, J. C.; SCARPELLI, M. D.; SUGAI, L. S.; BARROS, F. M.; ANUNCIAÇÃO, P. R.; SANTOS, P. M.; TAVARES, A. L.; RIBEIRO, M. C. Landscape heterogeneity: concepts, quantification, challenges and future perspectives. **Environmental Conservation**, v. 50, n. 2, p. 83–92, 2023.
- TORRESANI, M.; ROSSI, C.; PERRONE, M.; HAUSER, L. T.; FÉRET, J.-B.; MOUDRÝ, V.; SIMOVA, P.; RICOTTA, C.; FOODY, G. M.; KACIC, P. et al. Reviewing the Spectral Variation Hypothesis: Twenty years in the tumultuous sea of biodiversity estimation by remote sensing. **Ecological Informatics**, Elsevier, p. 102702, 2024.
- VAN CLEEMPUT, E.; HELSEN, K.; FEILHAUER, H.; HONNAY, O.; SOMERS, B. Spectrally defined plant functional types adequately capture multidimensional trait variation in herbaceous communities. **Ecological Indicators**, Elsevier, v. 120, p. 106970, 2021.
- VANCINE, M. H.; MUYLAERT, R. L.; NIEBUHR, B. B.; FARIA OSHIMA, J. E. de; TONETTI, V.; BERNARDO, R.; DE ANGELO, C.; ROSA, M. R.; GROHMANN, C. H.; RIBEIRO, M. C. The Atlantic Forest of South America: spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, Elsevier, v. 291, p. 110499, 2024.
- VIOLLE, C.; NAVAS, M.-L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. Let the concept of trait be functional! **Oikos**, Wiley Online Library, v. 116, n. 5, p. 882–892, 2007.
- WIECZYNSKI, D. J.; BOYLE, B.; BUZZARD, V.; DURAN, S. M.; HENDERSON, A. N.; HULSHOF, C. M.; KERKHOFF, A. J.; MCCARTHY, M. C.; MICHALETZ, S. T.; SWENSON, N. G. et al. Climate shapes and shifts functional biodiversity in forests worldwide. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Academy of Sciences, v. 116, n. 2, p. 587–592, 2019.
- WILLMER, J. N. G.; PUETTKER, T.; PREVEDELLO, J. A. Global impacts of edge effects on species richness. **Biological Conservation**, Elsevier, v. 272, p. 109654, 2022.
- ZAMBRANO, J.; CORDEIRO, N. J.; GARZON-LOPEZ, C.; YEAGER, L.; FORTUNEL, C.; NDANGALASI, H. J.; BECKMAN, N. G. Investigating the direct and indirect effects of forest fragmentation on plant functional diversity. **PloS one**, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 15, n. 7, e0235210, 2020.

ZHU, Z.-X.; NIZAMANI, M. M.; SAHU, S. K.; KUNASINGAM, A.; WANG, H.-F. Tree abundance, richness, and phylogenetic diversity along an elevation gradient in the tropical forest of Diaoluo Mountain in Hainan, China. **Acta Oecologica**, Elsevier, v. 101, p. 103481, 2019.

ZUÑE-DA-SILVA, F.; RODRIGUES, P. J. F. P.; ROJAS-IDROGO, C.; DELGADO-PAREDES, G. E.; ENRICH-PRAST, A.; SAKURAGUI, C. M. Edge influence over functional tree traits in an Atlantic Forest remnant. **Revista Árvore**, SciELO Brasil, v. 46, e4603, 2022.

Conclusão geral

Este trabalho reforça a importância de incorporar abordagens que considerem a qualidade do habitat e a heterogeneidade espacial na análise dos efeitos da estrutura da paisagem sobre a biodiversidade, especialmente em florestas tropicais fragmentadas. A principal contribuição reside na demonstração de que métricas que representam gradientes contínuos e funcionais da paisagem são mais eficazes para prever padrões ecológicos do que abordagens simplificadas baseadas apenas em classificações binárias de uso do solo.

A inclusão de variáveis relacionadas à qualidade do habitat, aliada à consideração da heterogeneidade da matriz e à seleção de atributos funcionais, permite avançar na compreensão dos mecanismos que sustentam a persistência das espécies e o funcionamento dos ecossistemas. Este enfoque possibilita a identificação de áreas prioritárias para a conservação, com base não apenas na adequabilidade estrutural do ambiente, mas também na sua capacidade de manter processos ecológicos e promover a resiliência ecológica.

Além disso, os resultados destacam a necessidade de padronização conceitual e metodológica nos estudos de qualidade de habitat, incluindo o uso de proxies bem definidos, o emprego de índices de diversidade funcional e o aproveitamento das tecnologias de sensoriamento remoto. Tais avanços são fundamentais para reduzir lacunas taxonômicas e espaciais, promover a replicabilidade e garantir a aplicação prática do conhecimento em estratégias de conservação mais eficazes.

Portanto, ao integrar dimensões espaciais, funcionais e da qualidade do habitat, esta tese contribui para uma abordagem mais abrangente e precisa na ecologia de paisagens, essencial para a conservação da biodiversidade e para a manutenção das funções ecossistêmicas em paisagens fragmentadas.