

BOLETIM MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
**CIÊNCIAS
NATURAIS**

v. 16 n. 2 maio/agosto de 2021



Ilhas ameaçadas com o desflorestamento

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



v. 16, n. 2
maio-agosto
2021



IMAGEM DA CAPA
Ilha da região insular de Belém.
Foto: Fernando Carvalho Filho.

BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS (ISSN 2317-6237)

O Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia foi criado por Emílio Goeldi e o primeiro fascículo surgiu em 1894. O atual Boletim é sucedâneo daquele.

The Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia was created by Emílio Goeldi, and the first number was issued in 1894. The present one is the successor to this publication.

EDITOR CIENTÍFICO

Fernando da Silva Carvalho Filho

EDITORES ASSOCIADOS

Adriano Oliveira Maciel

Alexandra Maria Ramos Bezerra

Aluísio José Fernandes Júnior

Ana Carla Feio dos Santos

Ana Kelly Koch

Débora Rodrigues de Souza Campana

José Nazareno Araújo dos Santos Junior

Milena Marília Nogueira de Andrade

Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmento

Sue Anne Regina Ferreira Costa

Valéria Juliete da Silva

William Leslie Overall

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Ana Maria Giulietti - Universidade Estadual de Feira de Santana - Feira de Santana - Brasil

Augusto Shinya Abe - Universidade Estadual Paulista - Rio Claro - Brasil

Carlos Afonso Nobre - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

Douglas C. Daly - New York Botanical Garden - New York - USA

Hans ter Steege - Utrecht University - Utrecht - Netherlands

Ima Célia Guimarães Vieira - Museu Paraense Emílio Goeldi - Belém - Brasil

John Bates - Field Museum of Natural History - Chicago - USA

José Maria Cardoso da Silva - Conservação Internacional - Belém - Brasil

Laurent Polidori - l'Ecole Supérieure des Géomètres Topographes - Le Mans - França

Lauro Valentim Stoll Nardi - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre - Brasil

Miguel Trefaut Rodrigues - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

Nelson Papavero - Museu de Zoologia - Universidade de São Paulo - São Paulo - Brasil

Peter Mann de Toledo - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos - Brasil

Philippe Kok - Royal Belgian Institute of Natural Sciences - Brussels - Bélgica

Roberto Dall'Agnol - Universidade Federal do Pará - Belém - Brasil

Rui Cerqueira - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - Brasil

William Woods - University of Kansas - Lawrence - USA

NÚCLEO EDITORIAL

Assistente editorial - Rafeale Lima

Editoração, versão eletrônica e capa deste número - Talita do Vale e Vivian Monteiro

Normalização - Núcleo Editorial Boletim

Projeto Gráfico - Elaynia Ono

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Museu Paraense Emílio Goeldi

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



ISSN 2317-6237

Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi	Cienc. Nat.	Belém	v. 16	n. 2	p. 177-278	maio-agosto 2021
-------------------------------	-------------	-------	-------	------	------------	------------------

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:
Museu Paraense Emílio Goeldi
Núcleo Editorial - Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi
Av. Perimetral, 1901
Terra Firme – CEP 66077-530
Belém - PA - Brasil
Telefone: 55-91-3075-6186
E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

VERSÃO ONLINE DA REVISTA:
<http://editora.museu-goeldi.br/naturais/index.html>
http://issuu.com/bgoeldi_cn

SUBMISSÃO DE TRABALHOS:
<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>

AQUISIÇÃO:
Permuta: mgdoc@museu-goeldi.br
Venda: livraria@museu-goeldi.br

INDEXADORES
CAB Abstracts
DOAJ - Directory of Open Access Journals
IBSS - International Bibliography of the Social Sciences
LATINDEX - Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Zoological Record

Não é permitida a reprodução parcial ou total de artigos ou notas publicadas, sob nenhuma forma ou técnica, sem a prévia autorização do editor. Ficam isentas as cópias para uso pessoal e interno, desde que não destinadas a fins promocionais ou comerciais. As opiniões e considerações emitidas nos artigos assinados são de inteira responsabilidade dos autores, e não refletem necessariamente a posição dos editores ou da instituição responsável pela publicação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação CIP

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais. 2021. – Belém: MPEG, 2021. v. 16 n. 2., v. il.
Semestral: 1984-2002
Interrompida: 2003-2004
Quadrimestral a partir do v. 1, 2005.

Títulos anteriores: Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia 1894-98; Boletim Museu Paraense de História Natural e Ethnographia (Museu Goeldi) 1902; Boletim do Museu Goeldi (Museu Paraense) de História Natural e Ethnographia 1906-1914; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi de História Natural e Etnografia 1933; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi 1949-2002, série Zoologia, série Botânica e série Ciências da Terra; Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais, em 2005. A partir de 2006, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais.

ISSN 2317-6237

1. Ciências Naturais. 2. Ecologia. 3. Etnobotânica. 4. Geologia. I. Museu Paraense Emílio Goeldi.

CDD-21ª.ed. 500

© Direitos de Cópia/Copyright 2021 por/by MCTIC/Museu Goeldi



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
E INOVAÇÕES



CARTA DO EDITOR

O mundo tem assistido, com certa preocupação, a contínua e alarmante destruição dos ambientes naturais em várias partes do planeta. No Brasil, o desmatamento está avançando de forma muito acelerada, principalmente nas áreas florestadas, afetando drasticamente os serviços ecossistêmicos, como o estoque de carbono, o ciclo hidrológico e a conservação da biodiversidade. Estudos que abordem assuntos relacionados às mudanças ambientais têm sido mais importantes do que nunca. O sumário deste número do **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** é composto por seis artigos, distribuídos nas áreas da ecologia, etnobotânica e geologia, alguns com temática relacionada aos efeitos das atividades antrópicas sobre a natureza.

Um dos biomas brasileiros mais ameaçados pelo desmatamento é a mata atlântica, que possui, atualmente, cerca de somente 12% de sua cobertura vegetal. Por isso, estudos que visem conhecer a biodiversidade desses últimos remanescentes representam o primeiro passo na conservação do bioma, como é o caso do artigo de Stefani e colaboradores, que abre o sumário desta edição. Os autores apresentam informações sobre a florística e a fitossociologia de uma floresta ombrófila densa atlântica localizada no Parque Estadual da Serra do Mar, município de Caraguatatuba, no litoral norte do estado de São Paulo, a qual está sujeita aos impactos causados pelas emissões de poluentes oriundos de uma unidade de tratamento de gás. Os dados florísticos obtidos foram comparados aos de duas áreas que também estão no Parque Estadual da Serra do Mar, mas sem influência da unidade de tratamento de gás, a fim de verificar possíveis mudanças decorrentes da emissão dos poluentes na atmosfera ocorridas na flora.

O desmatamento também tem alcançado as ilhas da região insular de Belém, no estuário amazônico do estado do Pará, como demonstra o estudo de Silva e colaboradores. Nele, os autores objetivaram mapear e analisar o processo de fragmentação florestal em Cotijuba, que é uma das ilhas mais visitadas por turistas entre as 42 que compõem a região insular de Belém. Os dados apresentados nesta pesquisa poderão servir para o estabelecimento de corredores ecológicos, bem como para a execução de práticas sustentáveis de turismo de natureza.

A transformação de áreas florestadas em pastagens afeta de forma significativa a fauna. No terceiro artigo da edição, Colares investiga a diferença na composição de invertebrados que habitam a serrapilheira (camada de folhas e galhos que se acumula sobre o solo) em áreas de floresta e no pasto em uma área da Amazônia oriental. O autor também discute a diferença na composição da fauna de invertebrados de solo entre floresta e pasto.

No artigo seguinte, de Silva e colaboradores, são apresentadas informações sobre quais filtros ambientais atuam na composição e riqueza das espécies vegetais em uma floresta de transição entre a floresta amazônica e a savana na ilha de Maracá, estado de Roraima. Além disso, os autores verificaram também a influência de uma espécie vegetal dominante (nome científico: *P. gracilipes*) na estruturação da comunidade arbórea da área de estudo.

A perda dos ambientes naturais é uma das principais causas de extinção de espécies, sendo que algumas podem ser extintas antes mesmo de terem sido devidamente estudadas. Nesse sentido, estudos etnobiológicos são de grande importância também para a detecção de espécies que possuem substâncias que podem ser utilizadas na produção de fármacos. O estudo de Durão e colaboradores apresenta um levantamento etnobotânico de plantas medicinais

utilizadas pela comunidade quilombola de Porto Alegre, município de Cametá, Pará, na Amazônia oriental. Os autores destacam também a importância desses dados para a elaboração de programas de saúde condizentes com a realidade cultural dos quilombolas, levando em consideração o saber tradicional.

Na área da geologia, o artigo de Pereira e Faria apresenta uma abordagem incomum em estudos geológicos. Como destacam os autores, o termo geodiversidade, diferentemente do termo biodiversidade, é menos popular e, portanto, menos abordado sob o ponto de vista estético, científico, cultural, ecológico (funcional) e econômico. O estudo apresenta uma exposição da geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha, em João Pessoa, na Paraíba, um dos estados na rota turística do Brasil, mas que dispõe de poucos estudos sobre sua geodiversidade costeira. Portanto, esses dados serão de grande utilidade na construção de um roteiro geoturístico costeiro urbano.

Para fechar esta carta, gostaria de agradecer a todos os revisores que contribuíram para a avaliação dos artigos aqui publicados e a aos editores de seção, pelo trabalho editorial nesses artigos. São eles: Dr. Aluisio José Fernandes-Júnior, Dra. Débora R. Souza-Campana, Dra. Milena Marlíia N. de Andrade e Dra. Priscila S. de Medeiros Sarmento. Sou grato também ao Dr. Hein van de Voort, pela ajuda na edição dos textos em inglês, e à Rafaela Silva e à Vivian Karine M. Almeida, pelo exímio trabalho de editoração.

Fernando da Silva Carvalho Filho

Editor Científico

CARTA DO EDITOR
EDITOR'S NOTE

ARTIGOS
ARTICLES

Estrutura, composição florística e similaridade na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, em áreas do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Caraguatatuba

Structure, floristic composition and similarity in the Atlantic Ombrophilous Dense Forest, in areas of the Serra do Mar State Park, Caraguatatuba Center

Edson Junior Ferreira Stefani | Jorge Yoshio Tamashiro | Carlos Alfredo Joly177

Ilhas ameaçadas com o desflorestamento: análise da fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, Brasil

Islands threatened with deforestation: analysis of forest fragmentation on the Island of Cotijuba, Belém, Pará, Brazil

Elias Kleington da Silva | Arlete Silva de Almeida | Luana Helena Oliveira Monteiro Gama203

Differences in leaf litter usage as food sources, refuge, and foraging substrates by invertebrates in forest and grasslands in the eastern Amazon

Diferenças no uso da serapilheira como fonte de alimento, refúgio e substrato de forrageamento por invertebrados em floresta e pastagem na Amazônia oriental

Lucas Ferreira Colares215

Environmental filters and biotic interactions drive species richness and composition in ecotone forests of the northern Brazilian Amazonia

Filtros ambientais e interações bióticas conduzem a riqueza e composição de espécies em florestas de ecótono do norte da Amazônia brasileira

Williamar Rodrigues Silva | Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno | Hugo Leonardo Sousa Farias | Valdinar Ferreira Melo | Carlos Darwin Angulo Villacorta | Lidiany Camila Silva Carvalho | Ricardo Oliveira Perdiz | Arthur Camurça Citó | Reinaldo Imbrozio Barbosa229

Etnobotânica de plantas medicinais na comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará, Brasil

Ethnobotany of medicinal plants in the *quilombola* community of Porto Alegre, Cametá, Pará, Brazil

Hilton Lucas Gonçalves Durão | Kelli Garboza da Costa | Monique Medeiros245

Geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha, município de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Geodiversity of the Nossa Senhora da Penha Chart, João Pessoa, Paraíba, Brazil

Luciano Shaefer Pereira | Thiago da Silva Farias259

ARTIGOS



Estrutura, composição florística e similaridade na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, em áreas do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Caraguatatuba

Structure, floristic composition and similarity in the Atlantic Ombrophilous Dense Forest, in areas of the Serra do Mar State Park, Caraguatatuba Center

Edson Junior Ferreira Stefani¹  | Jorge Yoshio Tamashiro¹  | Carlos Alfredo Joly¹ 

¹Universidade Estadual de Campinas. Departamento de Biologia Vegetal. Campinas, São Paulo, Brasil

Resumo: É necessário compreender a diversidade da Mata Atlântica para monitorar possíveis impactos das mudanças climáticas e mitigar o desaparecimento deste *hotspot* de biodiversidade. Apresentamos dados do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Caraguatatuba (NCR), com objetivo principal do conhecimento florístico, fitossociológico e similaridade das áreas florestais. Os dados foram coletados em parcelas permanentes de 1 ha, incluindo espécies com diâmetro ≥ 15 cm (PAP; 1,30 m de altura do solo), para conhecimento das áreas e para testes de similaridade entre as parcelas dos núcleos Picinguaba e Santa Virgínia, de mesma cota altitudinal. São apresentados tabelas florísticas das áreas, análise de UPGMA e teste de Mantel, para verificar o agrupamento das áreas. As famílias com maior índice de valor de importância foram Euphorbiaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Arecaceae e Fabaceae, na parcela do NCR Submontana 1, e Myrtaceae, Sapotaceae, Monimiaceae, Nyctaginaceae, Lauraceae, Arecaceae e Rubiaceae, na parcela do NCR Montana 1. Através dos testes, foi possível verificar similaridades entre as áreas. Em alguns casos, ocorreu dissimilaridade, que estaria ligada a possíveis fatores ambientais e antrópicos, os quais não foram testados para afirmação, sugerindo estudos futuros a médio e longo prazo.

Palavras-chave: Diversidade arbórea. Mata Atlântica. Similaridade entre áreas.

Abstract: In order to monitor possible impacts of climate change and mitigate the disappearance of the Atlantic Forest biodiversity hotspot, it is necessary to understand its diversity. We present data from the Serra do Mar State Park (PESM), Caraguatatuba Center (NCR) with the main objective of floristic, phytosociological knowledge and similarity of forest areas. The data were collected in permanent plots of 1 ha, including species with a diameter ≥ 15 cm (PAP; 1.30 m above the ground) for knowledge of the areas and for similarity tests between the plots of the Picinguaba and Santa Virgínia Center, from the same altitudinal range. Floristic tables of the areas, UPGMA analysis and Mantel test are presented to verify the grouping of the areas. The families with the highest Importance Value Index were Euphorbiaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Arecaceae and Fabaceae in the NCR Submontana 1 plot and Myrtaceae, Sapotaceae, Monimiaceae, Nyctaginaceae, Lauraceae, Arecaceae and Rubiaceae in the NCR Montana 1 plot. By carrying out tests it was possible to evaluate similarities between the areas. In some cases, there was dissimilarity, which could be linked to possible environmental factors and anthropic factors, but the confirmation of which was not tested, suggesting future studies in the medium and long term.

Keywords: Tree diversity. Atlantic Forest. Similarity of areas.

Stefani, E. J. F., Tamashiro, J. Y., & Joly, C. A. (2021). Estrutura, composição florística e similaridade na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, em áreas do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Caraguatatuba. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 177-202. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.297>.

Autor para correspondência: Edson Junior Ferreira Stefani. Rua Monteiro Lobato, 255. Campinas, SP, Brasil. CEP 13083-862 (juniorferreirastefani@gmail.com).

Recebido em 26/03/2020

Aprovado em 12/04/2021

Responsabilidade editorial: Débora Rodrigues Souza-Campana



INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um *hotspot* da biodiversidade brasileira (Myers, 2000) que abriga centenas de espécies animais, sendo estimadas cerca de 20 mil espécies vegetais (Brasil, 2020). Essas florestas são responsáveis pelos serviços ecossistêmicos das sociedades humanas, que podem ser gerados diretamente ou indiretamente e incluem a provisão do ciclo da água, da regulação dos gases e do clima, da ciclagem dos nutrientes e de diversos outros fatores que garantem o bem-estar do homem (Andrade & Romeiro, 2009).

O homem modifica as paisagens florestais, causando grandes alterações, através do uso do solo, da degradação dos ambientes naturais, aumentando a poluição da atmosfera e usando de forma insustentável os serviços ecossistêmicos, disponibilizados por meio de processos naturais de preservação do meio ambiente (Joly et al., 2014). As florestas tropicais estão expostas em níveis crescentes de perturbações relacionadas às atividades antrópicas, que trazem consequências negativas ao próprio bem-estar humano (Wright, 2005; Krug, 2008; Joly et al., 2014; Alves & Marinho, 2015), gerando problemas como a crise hídrica, o uso de diversos agrotóxicos nos alimentos, que também poluem o meio ambiente, além da influência na saúde do homem, da falta de saneamento básico e de outros fatores (Soares et al., 2002).

Essas alterações, combinadas com ameaças emergentes da mudança climática global como resultado das emissões dos gases do efeito estufa (GEE) (Uhlig et al., 2008), têm sido determinantes para o desequilíbrio do balanço de energia do sistema terra-atmosfera (Andrade & Romeiro, 2011). Tais alterações ambientais estão causando perda alarmante de biodiversidade e colapso dos principais serviços ecossistêmicos (Siche et al., 2007; Butchart et al., 2010; Pinheiro & Durigan, 2012). Poluentes provenientes de grandes empreendimentos, como polos petroquímicos, podem provocar grandes distúrbios na composição, estrutura e funcionamento das áreas naturais que estão sob sua influência direta ou até mesmo indireta

(Abbas et al., 1993; Leitão Filho et al., 1993; Klumpp et al., 1994, 1996, 1998; Domingos et al., 2000; Stewart et al., 2002).

No trabalho realizado em Cubatão, no estado de São Paulo, por Klumpp et al. (1996), foi considerado que os fluoretos gasosos emitidos naquela área promoveram o declínio da floresta. Já Freitas et al. (2005) constataram que as emissões de queimadas em ecossistemas na América do Sul são fontes de poluentes para os países desta região, tornando mais grave a situação de impacto nas florestas, transformando o impacto local em continental.

A Floresta Atlântica sofre bastante com a influência antrópica, principalmente com desmatamento, desenvolvimento industrial e expansão urbana, que trazem como consequências diversos distúrbios ambientais relacionados à perda da biodiversidade. Todos esses fatores podem, ainda, causar a diminuição da frequência de diversas espécies da Mata Atlântica, inclusive alterações climáticas, provocando mudança na temperatura do planeta em nível global e até mesmo da Serra do mar em nível local, ocasionando processos de migração das espécies para outras áreas (Joly et al., 2014).

A Mata Atlântica *sensu lato* (MA) (Fundação S.O.S. Mata Atlântica, 1992) sofreu e continua sofrendo com os impactos ambientais de todos os ciclos econômicos do país, da extração do 'pau-brasil' (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis) no século XVI à substituição por *Eucalyptus* spp., resultante da expansão da indústria de papel e celulose no século XXI (Joly et al., 2014). Além disso, existem diversos outros fatores de insustentabilidade e de alterações que estão conectados à perda da manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Em consequência desse longo período de perturbações, e considerando as áreas de floresta secundária e fragmentos com menos que 100 ha, restam, hoje, cerca de 12,4% da cobertura original da MA (Junior et al., 2019). Grande parte desses remanescentes está imersa em uma matriz altamente antropizada (Tabarelli et al., 2010), sob forte ameaça de expansão urbana, infraestrutura viária

e instalação de novos empreendimentos ligados à indústria de gás e petróleo (Salati et al., 2006; Ribeiro & Freitas, 2010).

O Núcleo Caraguatatuba do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), local do presente estudo, está sujeito a futuros impactos diretos, com a duplicação da rodovia dos Tamoios e a construção do anel viário de Caraguatatuba, e indiretos, com a emissão de poluentes, especialmente óxidos de nitrogênio (NO_x), o funcionamento da Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatatuba (UTGCA), cujo início foi no ano de 2012, alguns meses após as coletas dos dados deste trabalho. O funcionamento da UTGCA promove deposição dos poluentes liberados na atmosfera. Dessa forma, o acompanhamento, a curto, médio e longo prazo, é necessário e continua sendo realizado nesta área amostral.

Alterações ambientais como essas podem ser comparadas ao histórico de influências sofrido pelas florestas em Cubatão, no litoral paulista (Moraes et al., 2000). A influência antrópica em Cubatão pode ser usada como exemplo para possíveis danos ao funcionamento florestal das áreas do PESM no Núcleo Caraguatatuba. Moraes et al. (2000) descrevem a ocorrência da alteração no processo de fotossíntese líquida, no crescimento e na química foliar de espécies da floresta atlântica no entorno de Cubatão.

A deposição de compostos de NO_x e CO₂ derivados das emissões gasosas, com múltiplos impactos sobre a vegetação da região, também é observada em estudos na região de Cubatão, São Paulo, em áreas próximas ao polo petroquímico (Klumpp et al., 1998). Estes pontos destacam que a grande poluição atmosférica da região altera principalmente a composição vegetal da floresta daquelas áreas. Além da composição atmosférica da área atingida, pode, conseqüentemente, alterar as taxas de deposição seca na superfície das folhas e do solo (Stewart et al., 2002). Sobretudo, pode também alterar a fisiologia das plantas, uma vez que a poluição se torna disponível para a absorção da planta e para infiltração no solo, podendo ser, inclusive, fitotóxica para a superfície foliar. Além disso, a emissão desses gases pode contribuir,

a longo prazo, para o aumento dos gases do efeito estufa e, conseqüentemente, para a ocorrência de alteração na composição florística e fitossociológica (Bueno et al., 2017).

Essas alterações podem ser, inclusive, ocasionadas pelas mudanças de temperatura segundo os modelos climáticos computacionais, que estimam aquecimento em partes do país ao final do século XXI (Pachauri & Meyer, 2014). Outros fatores estão ligados a curto prazo com reações químicas nas camadas superficiais do solo (Mayer et al., 2000) e com a poluição da atmosfera, que interage com o ar, trazendo danos à saúde da população, como já foi relatado em trabalhos realizados na floresta amazônica (Artaxo et al., 2006).

A localização da UTGCA e as peculiaridades climáticas da região do presente estudo podem favorecer a contaminação da água da chuva (Högberg, 2007), alterando o balanço de nutrientes e mudando a relação de competição entre espécies, causando queda e alteração na diversidade florística em longo prazo (Bueno et al., 2017). Assim, torna-se imprescindível que façamos o diagnóstico destas áreas do NCR que estão na vertente direcional à UTGCA e que poderão receber a pluma de poluição da usina. Com isso, poderemos monitorar *a posteriori* o funcionamento da floresta através dos possíveis impactos deste empreendimento, utilizando a determinação da estrutura e da composição florística da floresta estudada neste trabalho.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho são contribuir para o conhecimento da florística e da fitossociologia da Floresta Ombrófila Densa Atlântica no NCR do PESM, para que possamos conhecer os aspectos estruturais e as espécies que ocorrem nesta área, estabelecendo uma linha de base sobre estes componentes antes do início do funcionamento da UTGCA; verificar a similaridade desta área com áreas sem influência da UTGCA, no Núcleo Santa Virgínia (NSV) e no Núcleo Picinguaba (NPC), que também são áreas do PESM, para verificarmos possíveis influências antrópicas no NCR; por fim, monitorar as possíveis mudanças que ocorrem no tempo, conseqüências provenientes do aquecimento global

e das prováveis poluições atmosféricas nestas áreas florestais (Malhi et al., 2002; Lewis et al., 2004; Eisenlohr & Oliveira Filho, 2015; J. Pereira et al., 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo e a coleta de dados deste trabalho foram realizados no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). Este parque ocupa uma área de 332 mil hectares, que percorrem uma extensão que vai desde a divisa do estado de São Paulo com o Rio de Janeiro até o litoral sul de São Paulo, compreendendo 25 municípios. A área de estudo (Figura 1) está inserida no Núcleo Caraguatatuba (NCR), município de Caraguatatuba (litoral norte do estado de São Paulo). Estas áreas, de acordo com Veloso et al. (1991), são classificadas como Floresta Ombrófila Densa (FOD) Submontana – 50 a 500 m de altitude – e FOD Montana – 500 a 1.500 m. As parcelas do NCR estão instaladas na vertente da Serra do Mar e foram

selecionadas considerando-se as áreas de influência das emissões gasosas da Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatatuba (UTGCA) (Figura 1).

A UTGCA é o polo de gás e petróleo que conta com um gasoduto submarino de 172 km de extensão, responsável por transportar o gás até a costa na UTGCA. Com a duplicação do porto de São Sebastião, a construção do anel viário de Caraguatatuba e a duplicação da rodovia dos Tamoios, esta região passou a contar com outros dois gasodutos, um que transporta os componentes nobres do gás de Mexilhão para o porto de São Sebastião e outro que transporta os demais componentes serra acima, conectado à rede de gasodutos que corta o vale do Paraíba.

Contudo, o polo de gás e petróleo instalado nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião para exploração dos campos de Mexilhão, Tupi e do Pré-Sal teve seu funcionamento iniciado a partir de abril de 2012, pouco tempo após a coleta dos dados deste trabalho, que ocorreu em 2010, na FOD Submontana, e em 2011, na FOD Montana, ambas no NCR.



Figura 1. Áreas amostradas no Parque Estadual da Serra do Mar, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Núcleo Caraguatatuba (NCR) Submontana NCR SUB 1 (107-140 m), Caraguatatuba, São Paulo; Núcleo Picinguaba (NPC) Submontana NPC SUB 1 (64-89 m), NPC SUB 2 (176-198 m), NPC SUB 3 (200-216 m) e NPC SUB 4 (325-374 m), Ubatuba, São Paulo; áreas de Montana NCR MONT 1 (790-812 m), Caraguatatuba, São Paulo; Núcleo Santa Virgínia (NSV) Montana NSV MONT 1 (1040-1100 m) e Montana NSV MONT 2 (1010-1093 m), em São Luís do Paraitinga, São Paulo; e Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatatuba (UTGCA). Mapa: Patricia Baliski (2020).

Além da coleta de dados no NCR Submontana 1 e Montana 1 para o acompanhamento e conhecimento da florística e fitossociologia das áreas, foram feitas comparações amostrais com as parcelas que pertencem ao PESH do Núcleo Picinguaba (NPC) e Núcleo Santa Virgínia (NSV) e apresentam altitude semelhante à das parcelas do NCR, para devida comparação.

Para a comparação, foram incluídas as parcelas NPC Submontana 1, Submontana 2, Submontana 3, Submontana 4 e NSV Montana 1 e Montana 2, a fim de se verificar a similaridade entre as áreas que estão sob influência da UTGCA no NCR. Sendo assim, as parcelas pertencentes ao NCR instaladas próximo à UTGCA foram comparadas com as parcelas fora desta vertente, no NPC e NSV que não recebem emissões da usina.

Nas parcelas de estudo, ocorrem dois compartimentos geomorfológicos básicos: um formado por escarpas e rampas de aplainamento, com vários níveis altimétricos, e um composto por morros e colinas de baixa amplitude altitudinal, situados no planalto, entre 50 a 1.300 m (S. Martins, 2010). O solo é classificado como Cambissolo háplico distrófico típico, argiloso, ácido (pH 3,3 a 3,9), com alta diluição de nutrientes e alta saturação de alumínio (S. Martins, 2010). Na floresta Submontana, a textura encontrada foi argilo-arenosa e na Montana, franco argilo-arenosa. Em ambas, ocorrem áreas muito pedregosas e afloramentos rochosos de granito/gnaiss formados durante a era pré-cambriana. O solo possui ainda quartzo, gibssita e ilita, denotando um alto grau de intemperismo, com ocorrência de quartzo de textura mais arenosa e natureza quartzosa (S. Martins, 2010).

DESCRIÇÃO DAS PARCELAS AMOSTRAIS

Na coleta de dados deste trabalho, foram instaladas parcelas de 1 ha amostrais nas áreas da Floresta Ombrófila Densa (FOD) Submontana, localizadas no Núcleo Caraguatatuba (NCR) (23° 38' 26" S e 45° 31' 57" W), que foi denominada como NCR Submontana 1, com altitude variando entre 107 a 140 m (Figura 1). O clima é definido como subtropical

úmido (Cfa), seguindo o sistema de classificação de Köppen (1948), sendo que a temperatura média anual é de 25 °C, sem estação seca definida. As precipitações médias anuais variam entre 1.200 e 2.500 mm/ano (Stefani, 2013).

Para comparação entre áreas da FOD Submontana, foram usadas as áreas do Núcleo Picinguaba, denominadas de NPC Submontana 1 (23° 20' 04" S e 44° 49' 57" W), NPC Submontana 2 (23° 22' 26" S e 45° 04' 51" W), NPC Submontana 3 (23° 22' 01" S e 45° 05' 01" W) e NPC Submontana 4 (23° 22' 01" S e 45° 05' 01" W) (Figura 1). As parcelas estão localizadas no município de Ubatuba, São Paulo, com clima regional Af, na classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 22 °C e pluviosidade média anual de 2.600 mm/ano (Campos et al., 2011; Gomes et al., 2011; Ramos et al., 2011).

Também foram coletados dados neste trabalho para a FOD Montana no NCR (23° 35' 37" S e 45° 32' 32" W) (Figura 1). A parcela instalada nesta área foi denominada de NCR Montana 1. A altitude dessa parcela varia entre 790 a 812 m acima do nível do mar. O clima é definido como subtropical úmido (Cfa, de Köppen), sendo que a temperatura média anual é de 20,4 °C, sem estação seca definida. As precipitações médias anuais situam-se em torno de 1.600 mm/ano (Veneziani et al., 2009).

Os dados utilizados para comparação com o NCR foram também das áreas do PESH do Núcleo Santa Virgínia (NSV), denominadas NSV Montana 1 (23° 19' 36" S e 45° 04' 32" W) e NSV Montana 2 (23° 19' 32" S e 45° 04' 05" W) (Figura 1). Estas parcelas estão localizadas no município de São Luís do Paraitinga, São Paulo, com clima regional do tipo Cwa, na classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 21 °C e pluviosidade média anual de 2.500 mm (Padgurschi et al., 2011).

COLETA DE DADOS E DEMARCAÇÃO DOS INDIVÍDUOS PARA FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA

Para que os indivíduos fossem coletados e demarcados dentro das parcelas amostrais nas áreas do Parque Estadual

da Serra do Mar, no município de Caraguatatuba, São Paulo, foram estabelecidas duas parcelas permanentes, de um hectare cada, no Núcleo Caraguatatuba (NCR). Cada uma foi subdividida em 100 subparcelas de 10 x 10 m.

Para as parcelas do NPC e NSV, na comparação das áreas, foram utilizados os bancos de dados para parcelas permanentes implantadas em Ubatuba e São Luís do Paraitinga, São Paulo, que são padrões seguidos para coletas de florística e fitossociologia. Os detalhes do método de implantação e da coleta destas informações podem ser conferidos em Joly & Martinelli (2008).

Para a coleta das parcelas do NCR, todos os indivíduos arbóreos vivos, incluindo palmeiras e pteridófitas (fetos arborescentes), e todos os mortos em pé e/ou ligeiramente tombados ($< 30^\circ$) com perímetro à altura do peito (PAP; 1,30 m de altura do solo) ≥ 15 cm, foram plaqueados.

Os indivíduos que apresentaram bifurcações ou rebrotas ('perfilhos') abaixo de 1,30 m tiveram plaqueados apenas os caules dentro do perímetro de inclusão com PAP ≥ 15 cm. Neste caso, o caule principal (com maior PAP) recebeu a placa de metal e os demais, uma placa de plástico branca.

Os indivíduos mortos foram apenas considerados na contagem de indivíduos na parcela e na área basal. Cada um foi plaqueado com uma placa de alumínio. Foi feito o mapeamento de todos os indivíduos plaqueados, medindo-se a distância deles em relação aos eixos X e Y da subparcela, facilitando a localização dentro da mesma. A altura total foi estimada visualmente.

LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLÓGICO

A coleta de material botânico dos indivíduos arbóreos seguiu as orientações descritas por Fidalgo & Bononi (1984). As identificações foram feitas com auxílio de literatura especializada, de consultas a especialistas e por comparações com as coleções do Herbário da Universidade Estadual de Campinas (UEC). O material botânico coletado foi tombado

neste herbário. As espécies estão classificadas nas famílias cuja circunscrição segue o sistema de classificação do *Angiosperm Phylogeny Group* (APG, 2016).

ANÁLISE DE DADOS DA FITOSSOCIOLOGIA E COMPARAÇÕES ENTRE PARCELAS

Para avaliar e comparar a estrutura e a composição florística e fitossociológica das parcelas NCR Submontana 1 e NCR Montana 1, neste trabalho, foram utilizados parâmetros fitossociológicos como densidade (D), densidade média (DM), frequência (Fr), dominância absoluta (AbsDo), densidades relativas (RelDe), área basal total (AbsT), altura média (AltM), índice de valor de importância (IVI) e família (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974), descritos detalhadamente em F. Martins (1991). Foram calculados também altura média, diâmetro médio, índice de diversidade de Shannon (H') e equabilidade de Pielou (J') (Brower & Zar, 1984). O programa utilizado para os cálculos foi o FITOPAC 2.1 (Shepherd, 2010).

Para avaliar a distância florística entre as parcelas do NCR, NPC e NSV, foi calculado o coeficiente de Bray-Curtis. Para a matriz de abundância, foram usados o método *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA), a fim de gerar o dendrograma de similaridade, que calcula a média aritmética da similaridade (ou distância) da área amostral NCR com as áreas amostrais de comparações NPC e NSV. Neste cálculo, o índice de Jaccard, com a matriz que varia entre 0 (similaridade total) e 1 (dissimilaridade total), não considera as duplas-ausências e é influenciado pelas espécies dominantes (Valentin, 2000). O programa usado foi o Ambiente R (Development Core Team, 2010). Para verificar a dissimilaridade entre todas as áreas neste trabalho, foi feito um correlograma de teste de Mantel, utilizando-se três índices de dissimilaridade diferentes (Bray-Curtis, Jaccard e Morisita) entre as relações de similaridade composicional no que concerne às amostras, por meio do pacote Vegan do Ambiente R (Development Core Team, 2010).

RESULTADOS

Na Floresta Ombrófila Densa NCR Submontana 1, foram plaqueados 2.269 indivíduos. Desse total, 87 estavam mortos, equivalendo a 3,8% do total; os demais somam 1.992 árvores (87,8%), entre as quais 174 são 'palmeiras' (7,7%) e 16 são 'samambaias' (0,7%). Foram identificadas 186 espécies e morfotipos pertencentes a 49 famílias botânicas, sendo que 0,5% foram identificados somente até o nível de família e 0,4% até o de gênero (Apêndice 1).

As famílias com maior índice de valor de importância (IVI) foram Euphorbiaceae (49,9), Myrtaceae (29,3), Rubiaceae (29,3), Lauraceae (18,5), Arecaceae (17,9) e Fabaceae (15,9), as quais, juntas, representam 45,5% do IVI total. Euphorbiaceae, a mais abundante, apresentou 459 indivíduos, sendo a espécie *Mabea piriri* Aubl. a mais numerosa (220 árvores), com IVI de 25,1, seguida por Rubiaceae – *Bathysa mendoncae* K. Schum. (11,1) –, Malvaceae – *Eriotheca pentaphylla* (Vell. & K.Schum.) A. Robyns (10,5) –, Euphorbiaceae – *Actinostemon verticillatus* (Klotzsch) Baill. (9,72) –, Sapotaceae – *Chrysophyllum viride* Mart. & Eichler (7,52) –, Arecaceae – *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret (7,33) e *Euterpe edulis* Mart. (7,11) – e Myrtaceae – *Eugenia batingabranca* Sobral (6,46) (Apêndice 1).

Arecaceae está entre as famílias mais abundantes, observada em 71 subparcelas amostradas, e contribuiu com 174 indivíduos (7,6% do total amostrado). Esta família foi representada por três espécies no Núcleo Caraguatubá (NCR) Submontana 1: *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret (82 indivíduos), *Euterpe edulis* Mart. (73) e *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman (19 indivíduos).

A área basal total foi de 48,4 m² ha⁻¹. O diâmetro máximo obtido foi de 119,95 cm e o médio foi de 13,1 cm (± 11,4). Entre as quatro classes de diâmetro estabelecidas (≥ 15 cm, 15-30 cm, 30-50 cm e > 50 cm), mais da metade dos indivíduos (54,2%) pertenceu à menor classe (> 10 cm). A altura foi distribuída em seis classes (> 5 m, 5,1-10 m, 10,1-15 m, 15,1-20 m, 20,1-25 m e > 25,1), onde a altura média foi de 9,9 m (± 4,7) e a altura máxima

obtida foi de 58 m para um indivíduo de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae). O índice de diversidade de Shannon foi de $H' = 4,46$ nats/indivíduos e a equabilidade de Pielou foi de $J' = 0,977$ (Tabela 1).

Na Floresta Ombrófila Densa NCR Montana 1, foram plaqueados 1.909 indivíduos, entre os quais 1.673 eram árvores (87,7%), 203 'palmeiras' (10,6%) e 33 'samambaias' (1,7%). Foram identificadas 150 espécies e morfotipos pertencentes a 40 famílias botânicas. Vinte indivíduos foram identificados somente até o nível de família; 38 indivíduos (2%) foram identificados até o nível de gênero (Apêndice 2).

As famílias com maiores índices de valor de importância (IVI) foram Myrtaceae (44), Sapotaceae (35,5), Monimiaceae (24,2), Nyctaginaceae (21,8), Lauraceae (20,5), Arecaceae (20,64) e Rubiaceae (17,4), as quais representam 50% do IVI total. Sapotaceae inclui a espécie com maior IVI da área – *Chrysophyllum viride* Mart. & Eichler (24,6) –, seguida de Arecaceae – *Euterpe edulis* (16,5) –, Nyctaginaceae – *Guapira cf. venosa* (Choisy) Lundell (7,5) e *G. opposita* (Vell.) Reitz (7,09) –, Molinimiaceae – *Mollinedia pachysandra* Perkins (7,03) –, Malvaceae – *Eriotheca pentaphylla* (Vell. & K.Schum.) A. Robyns (6,86) –, Nyctaginaceae – *Guapira hirsuta* (Choisy) Lundell (6,85) – e Euphorbiaceae – *Alchornea glandulosa* Poepp. (6,80) (Apêndice 2). Arecaceae também aparece entre as famílias de maior IVI, sendo representada com 204 indivíduos, pertencentes a três espécies: *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret (1 indivíduo), *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman (17) e *Euterpe edulis* Mart. (186).

A área basal total foi de 46,7 m² ha⁻¹. O diâmetro máximo obtido foi de 118 cm e o médio, de 13,1 cm (± 11,8). Mais da metade dos indivíduos (58,8%) pertence à menor classe de diâmetro (< 10 cm). A altura média obtida foi de 9,7 m (± 4,6) e a altura máxima foi de 29 m, onde 49,7% dos indivíduos pertencem à segunda classe (5,1-10 m). O índice de diversidade de Shannon-Weiner foi de $H' = 4,30$ nats/indivíduos e equabilidade de Pielou $J' = 0,974$ (Tabela 1). De acordo com os resultados obtidos através

Tabela 1. Levantamentos fitossociológicos em áreas de floresta Submontana e Montana. Legendas: Parcelas/altitude = parcelas amostrais e suas respectivas altitudes (NCR Submontana 1; NPC Submontana 1, 2, 3 e 4 e NCR Montana 1; NSV Montana 1 e 2); Ind./parc. = total de indivíduos coletados por parcela; n.sp. = número de espécie; Família = quantidade de famílias identificadas em cada área; H' = índice de diversidade de Shannon-Wiener ($\text{nats.indivíduo}^{-1}$); J' = equabilidade de Pielou; ABsT = área basal total; AltM = altura média; DM = diâmetro médio; * = este trabalho.

Parcelas/altitude	Referência	Ind./parc.	n.sp.	Família	H'	J'	ABsT	AltM	DM
NCR Submontana 1 (107-140 m)	Stefani (2013)*	2.182	186	49	4,46	0,97	48,40	9,90	13,10
NPC Submontana 1 (64-89 m)	Campos (2011)	1.274	142	41	4,06	0,82	32,14	8,20	13,94
NPC Submontana 2 (176-198 m)	Gomes et al. (2011)	1.496	152	41	3,96	0,78	39,40	7,72	13,63
NPC Submontana 3 (200-216 m)	Ramos et al. (2011)	1.528	152	44	4,05	0,80	37,78	6,95	14,01
NPC Submontana 4 (325-374 m)	Gomes et al. (2011)	1.993	203	50	4,33	0,94	57,30	9,25	13,55
NCR Montana 1 (790-812 m)	Stefani (2013)*	1.909	150	40	4,30	0,97	46,69	9,78	13,10
NSV Montana 1 (1.040-1.100 m)	Padgurschi et al. (2011)	1.851	189	43	3,72	0,70	40,20	9,10	12,74
NSV Montana 2 (1.010-1.093 m)	Padgurschi et al. (2011)	1.436	149	40	4,06	0,80	37,47	11,70	14,29

do índice de Shannon para as parcelas amostrais, tanto do NCR quanto do NPC e do NSV, foram observados valores altos quando comparados com outras áreas e trabalhos semelhantes para a maioria das parcelas, resultando em grande diversidade florística, como pode ser acompanhado nos resultados (Tabela 1).

Em relação à similaridade das parcelas amostrais, quando comparados os dados estruturais das parcelas do NCR Submontana 1 com NCR Montana 1, verifica-se que a parcela Submontana 1 abriga maior quantidade de espécies do que a Montana 1. Uma outra informação com destaque é a existência de um grau de similaridade correspondente entre essas parcelas do NCR, quando comparadas com parcelas das outras áreas amostrais, mas ambas não formam um grupo propriamente dito. Ao ser analisado o dendrograma de similaridade (Figura 2), foi verificada a existência de dois

blocos distintos, um formado por NPC Submontana 1, 2, 3 e 4 e outro formado por NCR Submontana 1 e NCR Montana 1, sendo que as áreas NSV Montana 1 e 2 não se agruparam com nenhuma outra área e, portanto, são as mais distintas floristicamente.

O NPC Submontana 2 e 3 é composto pelas duas áreas mais similares (com aproximadamente 70% de similaridade), onde as duas áreas juntas formaram um bloco com menor similaridade com as áreas NPC Submontana 1 e 4, que apresentam aproximadamente 45% de similaridade com o NPC Submontana 1 e 55% com o NPC Submontana 4. Apesar de a parcela Submontana 4 do NPC ter se agrupado com NPC Submontana 2, 3 e 1, apresenta menos de 50% de semelhança com elas; o NCR Submontana 1 e o NCR Montana 1 são similares entre si, mas têm 30% de similaridade apenas com o bloco formado

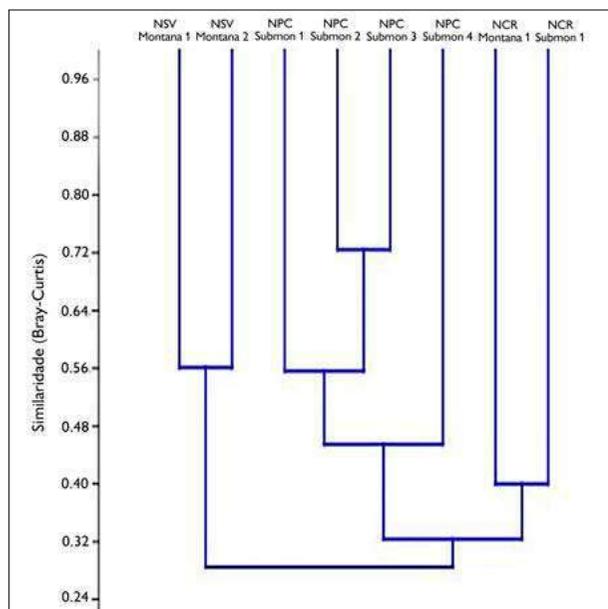


Figura 2. Dendrograma de similaridade (média de grupo UPGMA) em áreas de Floresta Ombrófila Densa NCR Submontana 1 (107-140 m), Caraguatatuba, São Paulo; NPC Submontana 1 (64-89 m), NPC Submontana 2 (176-198 m), NPC Submontana 3 (200-216 m) e NPC Submontana 4 (325-374 m), Ubatuba, São Paulo; e NCR Montana 1 (790-812 m), Caraguatatuba, São Paulo; NSV Montana 1 (1.040-1.100 m) e Montana 2 (1.010-1.093 m), São Luís do Paraitinga, São Paulo.

por NPC Submontana 1, 2, 3 e 4. Os resultados podem ser acompanhados na Figura 2. Contudo, através do teste de Mantel, com o índice de dissimilaridade, observa-se que não há efeito da distância geográfica na estruturação das comunidades, como pode ser visto na Figura 3.

DISCUSSÃO

No levantamento florístico da área amostral Núcleo Caraguatatuba (NCR), foram identificadas algumas espécies que são comuns a trabalhos realizados em áreas de mesma altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), as quais também são encontradas em áreas de regeneração natural (Garcia et al., 2011; Kunz & Martins, 2013; Santos et al., 2018). Esses fatores sugerem que o PESM tem regiões que sofreram com os distúrbios ligados à influência antrópica (Abbas et al., 1993; Leitão Filho et al., 1993; Klumpp et al., 1994, 1996, 1998; Domingos et al., 2000; Stewart et al., 2002).

Tais influências podem ser responsáveis por uma maior susceptibilidade da floresta em receber outras espécies que não são comuns destas áreas, as quais acabam migrando para estas regiões por consequências tanto bióticas quanto abióticas de distúrbio, ou em razão do aumento de indivíduos de uma determinada espécie, que pode ser tanto endêmica quanto de ocorrência natural na floresta.

Mabea piriri Aubl. é uma espécie que pode ser encontrada em Guiana Francesa, Suriname, Guyana, Venezuela, Colômbia e, inclusive, no Brasil, nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do país (Trindade, 2008; Hiura, 2011). A grande diversidade de locais onde esta espécie é encontrada mostra que há uma expressiva plasticidade quanto aos diferentes biomas. Foi relatado por Pscheidt & Cordeiro (2012) que a espécie pode ser encontrada em Floresta Ombrófila, em altitudes de até 570 m. Os autores destacam, ainda, que ela foi coletada em diversas áreas do litoral de São Paulo, inclusive em encosta da Serra do Mar, como ocorre também no presente trabalho.

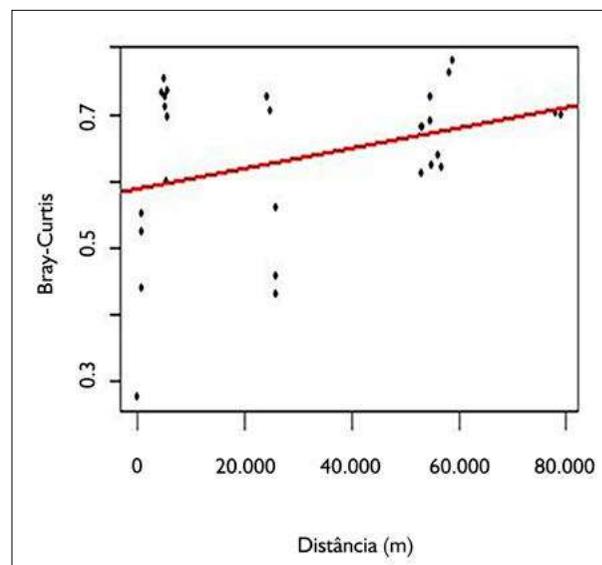


Figura 3. Correlograma de teste de Mantel, dissimilaridade (Bray-Curtis) das parcelas amostradas Submontana 1 NCR, Caraguatatuba, São Paulo; NPC 1, 2, 3 e 4, Ubatuba, São Paulo; Montana NCR 1, Caraguatatuba, São Paulo; e NSV 1 e 2, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

Neste caso, a espécie *Mabea piriri* Aubl. pode representar a expansão da população de espécies arbóreas na determinada área onde foi registrada com alto número de indivíduos no NCR Submontana 1. Quando se compara a outros trabalhos realizados em Mata Atlântica em mesma cota altitudinal, a espécie aparece com poucos indivíduos por parcela amostral. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que a constatação destas espécies no NCR Submontana 1 foi na encosta da serra. Como destacado por Pscheidt & Cordeiro (2012), áreas de encosta são o local onde a espécie aparece em maiores quantidades.

Este resultado pode estar relacionado à pouca antropização da área ou, até mesmo, à recuperação desta. Inclusive, é importante destacar que não foi catalogada nenhuma espécie exótica na área de estudo, o que reforça que *Mabea piriri* Aubl. é uma bioindicadora de ambiente em recuperação, destacando a importância da realização de estudos florísticos na Mata Atlântica, para que se possa conhecer o comportamento das espécies vegetais na floresta.

Essa necessidade está diretamente ligada às mudanças climáticas, que podem alterar as estruturas e florísticas dos biomas. Os fatores que causam extinção de espécies vêm sendo muito discutidos, por causarem mudanças evolutivas. Um dos fatores que influenciam nessas mudanças está relacionado com o aumento no estresse ambiental, como secas excessivas, que podem tender a limitar o crescimento das plantas e o desenvolvimento das florestas. Portanto, essas mudanças devem estar ligadas à tolerância e ao estresse que causam nas áreas florestais (Grime, 1977; Arendt, 1997; Fonseca et al., 2000; Tabarelli et al., 2014).

De acordo com McKinney & Lockwood (1999), quando se tem a perda de algumas espécies que são 'chave' dentro de um bioma ou área florestal, ocorre consequentemente a expansão de outras espécies, e estas podem alterar toda a estrutura florestal. Essa constatação poderá causar alteração nas áreas, caso ocorram tais mudanças diante de fatores antrópicos, como o surgimento

de espécies exóticas no PESM. Diante desses fatores, é importante destacar que as atividades antropogênicas sempre causam mudanças no ecossistema terrestre (H. Pereira et al., 2010), entre outras situações que levam a floresta ao declínio.

Mesmo com toda a influência antrópica que existe nas áreas do PESM, pode-se notar, com os resultados obtidos neste trabalho, que há grande ocorrência das principais espécies. Entre estas, pode-se citar *Amaioua intermedia* Mart., *Bathysa australis* (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. F., *Bathysa mendoncae* K. Schum., *Calyptroanthus lucida* Mart. Ex DC., *Cabralea canjerana* subsp. *canjerana* (Vell.) Mart., *Chrysophyllum viride* Mart. & Eichler, *Coussarea accedens* Mull. Arg., *Coussarea meridionalis* var. *porophylla* (Vell.) Mull. Arg., *Cryptocarya mandiocana* Meisn, *Euterpe edulis* Mart., *Faramea pinguabae* M. Gomes, *Inga capitata* Desv., *Myrciaria floribunda* (H. West ex Willd.) O. Berg, *Ocotea dispersa* (Nees & Mart.) Mez, *Pouteria venosa* (Mart.) Baehni, *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman e *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb., cujas presenças permitem a classificação da floresta como parte do grande *hotspot* da Mata Atlântica. As espécies citadas são encontradas em estudos de áreas florestais de alta diversidade na região da Mata Atlântica no PESM, evidenciando que as áreas são diversas e que há necessidade de preservação, para que a floresta continue em um bom estado de conservação, mantendo-se com altos índices de diversidade florística (Gandolfi et al., 1995; Medeiros, 2009; Gomes et al., 2011; Padgurschi et al., 2011; Rochelle et al., 2011).

As principais espécies de grande ocorrência neste trabalho são classificadas nas famílias arbóreas Myrtaceae, Lauraceae, Fabaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Meliaceae, Nyctaginaceae, Myristicaceae e Arecaceae, as quais também são as mais representativas em diversidade e riqueza em outros trabalhos realizados na Mata Atlântica (Gandolfi et al., 1995; Medeiros, 2009; Gomes et al., 2011; Padgurschi et al., 2011; Rochelle et al., 2011). Estas famílias têm a maior porção de indivíduos na menor classe de diâmetro, com distribuição que segue um exponencial

negativo. Este é um fator típico de comunidade arbórea de floresta tropical (Gomes et al., 2011).

Dessa forma, é importante notar que as áreas amostradas neste trabalho no Núcleo Caraguatatuba possuem padrões muito comuns aos encontrados em diversas outras áreas de Mata Atlântica em geral (Medeiros, 2009; Padgurschi et al., 2011). Portanto, as mesmas têm uma dinâmica similar à da maior parte das áreas comparadas neste trabalho, por seguirem um padrão de alta biodiversidade, mesmo as que não possuem agrupamentos florísticos de espécies (Joly & Martinelli, 2008; Eisenlohr et al., 2013).

As parcelas do NCR Submontana 1 e Montana 1, assim como algumas áreas do NPC Submontana 2 e NSV Montana 2, também passaram por processos ditos de antropização. Em meados de 1977, as áreas do NCR foram devastadas por uma catástrofe: uma tromba d'água fez com que grande parte da vegetação se perdesse por conta dos deslizamentos de terra, além da influência e presença da agricultura e da pecuária, praticadas em área próxima à região. O NPC e NSV tiveram corte seletivo de madeira na década de 70 (Padgurschi et al., 2011). Ambos os processos contribuem para as variações estrutural e florística das áreas destacadas. Uma espécie como *Euterpe edulis* Mart. é indicadora de que estas áreas sofreram esses cortes, pois o baixo número de indivíduos desta espécie mostra claramente esse fator. Esta espécie tem grande importância para o ecossistema, sendo que, em locais preservados, a quantidade de indivíduos é sempre alta. Sua importância está ligada à sustentação das espécies animais que ajudam na dispersão de sementes para manutenção do equilíbrio desta planta na floresta (Marcos & Matos, 2012). Portanto, sua preservação é necessária para garantir a conservação da Mata Atlântica.

Podemos aferir que, após esses processos, a Floresta Ombrófila Densa Atlântica das áreas amostrais ainda está em processo de regeneração (Joly & Martinelli, 2008; Padgurschi et al., 2011; Tabarelli et al., 2014). Inclusive, foram identificadas espécies neste trabalho que indicam que a área está em estágio de regeneração natural, a exemplo

da presença de *Alchornea glandulosa* Poepp, *Brosimum guianense* Huber, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, *Citronella paniculata* (Mart.) R.A. Howard, *Eugenia cerasiflora* Miq., *Euterpe edulis* Mart., *Guarea macrophylla* Vahl, *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Hirtella hebeclada* Moric. ex DC., *Lamanonia ternata* (Vell.) DC., *Matayba elaeagnoides* Radlk. e *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC., que também são registradas nos trabalhos de Garcia et al. (2011), Kunz & Martins (2013) e Santos et al. (2018) como presentes em área de regeneração natural. Dessa forma, é essencial que trabalhos como estes ganhem reconhecimento, para que possam contribuir com a manutenção e a preservação principalmente de regiões que sofrem com a antropização.

Em relação aos resultados de similaridade e comparação entre as parcelas amostrais, provavelmente as diferenças encontradas no agrupamento por UPGMA, que definem uma maior similaridade entre algumas áreas ou distanciamento entre outras, estão ligadas às diferenças relacionadas à florística das áreas amostrais. Existe também uma correlação consistente entre elevação e temperatura, associando a altitude com variações de fisionomias que podem influenciar no agrupamento, mas que não foram testadas neste trabalho, por não haver dados coletados (Ivanauskas et al., 2000; Moreno et al., 2003; Eisenlohr et al., 2013; Sanchez et al., 2013).

Ao se discutir a similaridade das áreas NCR, NPC e NSV, foi usado o critério mais adotado na literatura e que reconhece apenas os grupos que possuem pelo menos 50% de similaridade. Diante desse contexto, há um grupo com três parcelas NPC Submontana 1, 2, 3 e 4 e as outras parcelas NCR e NSV estão isoladas, como se cada uma delas formasse um grupo.

A análise mostra que áreas mais próximas têm maior similaridade, o que pode ser visto com as espécies em comum entre Submontana 1 e Montana 1 do NCR. As espécies com maior quantidade de indivíduos e que ocorrem simultaneamente nestas parcelas são *Alchornea glandulosa* Poepp, *Amaioua intermedia* Mart., *Bathysa australis*

(A. St.-Hil.) Benth. & Hook. F., *Bathysa mendoncae* K. Schum., *Calyptroanthus strigipes* O. Berg, *Cedrela fissilis* Vell., *Chrysophyllum viride* Mart. & Eichler, *Couepia venosa* Prance, *Cryptocarya mandiocana* Meisn, *Cupania vernalis* Cambess., *Cyathea delgadii* Sternb., *Ecclinusa ramiflora* Mart., *Eriotheca pentaphylla* (Vell. & K. Schum.) A. Robyns, *Eugenia batingabranca* Sobral, *Euterpe edulis* Mart., *Garcinia gardneriana* (A.DC.) Radlk., *Gomidesia spectabilis* (DC.) O. Berg, *Guapira hirsuta* (Choisy) Lundell, *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Hirtella hebeclada* Moric. ex DC., *Marliera suaveolens* Cambess., *Mollinedia engleriana* Pekins, *Mollinedia uleana* Perkins, *Myrcia guianensis* (Aubl.) DC., *Myrcia ricardiana* (O. Berg) Kiaersk., *Myrciaria floribunda* O. Berg, *Neomitranthes glomerata* D. Legrand, *Ocotea dispersa* (Nees & Mart.), *Ocotea elegans* Mez, *Psycotria vellosiana* Benth. e *Syagrus pseudococos* (Raddi) Glassman. Essa similaridade entre as espécies de duas áreas de altitude diferente explica o agrupamento das parcelas.

Os resultados indicam que a migração de espécies pode estar ligada à proximidade geográfica das áreas, mesmo com altitudes distintas ou até mesmo por pertencerem naturalmente à plasticidade da espécie e se associarem à distribuição de forma menos restrita (Pilatti, 2018). Sendo assim, é necessário considerar que uma possível alteração climática poderá influenciar ainda mais estas similaridades.

Este fato pode estar relacionado com a grande diversidade que há na Mata Atlântica, afirmando existir similaridade florística entre áreas altitudinais diferentes, como nesse caso, com Submontana e Montana de mesma região no NCR. Contudo, é necessário que se atente aos fatores de semelhança florística entre as comunidades que foram analisadas, não associando o fator da semelhança de espécies apenas à proximidade geográfica destas áreas no NCR (Durigan et al., 2008). Dessa forma, leva-se em consideração também as diferenças entre os grupos, o que não exclui as ligações existentes entre eles, já que há uma variação na composição de espécies da Floresta Atlântica que provavelmente está ligada ao clima e a fatores espaciais

(Eisenlohr et al., 2013), afirmação apoiada pela classificação e análise de ordenações feitas para as áreas deste trabalho.

Apesar disso, sugere-se que as variáveis ambientais e espaciais são significativamente correlacionadas aos padrões florísticos, deixando claro que a flora arbórea das florestas sazonais não deve mais ser considerada um subconjunto simples da flora da floresta tropical. Essa distribuição de espécies e a variância que ocorre entre as áreas da composição florística podem ser explicadas por fatores relacionados ao ambiente espacial, estruturado como vegetação Neotropical, além da grande relação com clima, topografia e força espacial, havendo, ainda, outros fatores ambientais relacionados, o que evidencia as diferenças encontradas nas comparações (Eisenlohr et al., 2013).

Os autores aferem alguns padrões fitogeográficos adicionais, reforçando que a Mata Atlântica, no entanto, abrange outros tipos de fisionomias, abrigando conseqüentemente uma grande variedade de espécies e famílias botânicas dentro das diferentes altitudes. Foi ressaltado por Eisenlohr et al. (2013) que essa grande abrangência é de extrema importância para a conservação deste *hotspot* de biodiversidade.

Destaca-se que existem formações de grupos distintos, isolados nas áreas avaliadas, principalmente pelo aumento da entropia das florestas, o que influencia na diminuição da heterogeneidade das espécies de cada parcela. Fatores como esses podem ser direcionados às perturbações antrópicas das áreas, além do declive e da superfície destas, o que também pode ajudar na compreensão dessa diferença de florística e segregação entre áreas (Eisenlohr et al., 2013).

Os padrões de vegetações e altitudes estão bem estabelecidos para a Mata Atlântica, no entanto, vários padrões diferentes têm sido observados (Eisenlohr et al., 2013). Assim, deve-se levar em consideração que ocorre sempre uma variação na composição das espécies ao longo de um gradiente, a qual ocorre em resposta às forças ambientais e espaciais (Eisenlohr et al., 2013), pois existem outros aspectos condicionantes à similaridade que podem indicar a diversidade florística da área.

Em alguns trabalhos, foi discutido que existe uma tendência de variação na distribuição das espécies, quando há modificações na topografia das áreas (Guerra et al., 2013). Dessa forma, deve-se correlacionar os resultados obtidos nas áreas estudadas com esses trabalhos, devido principalmente aos grandes declives existentes na encosta da Serra do Mar.

É importante destacar também que as perturbações na floresta podem afetar os fatores ambientais, como a alteração da quantidade de água e a temperatura nessas áreas, considerados como os principais aspectos atenuantes da distribuição de vegetação (Holdridge, 1947; Gentry, 1988; Zhao et al., 2005; Eisenlohr et al., 2013). Além disso, destaque-se que a topografia afeta principalmente a riqueza de espécies em relação ao solo e à disponibilidade de água. Já em florestas com poucas variações sazonais climáticas, foi observada maior riqueza de espécies (Gentry, 1988; Pyke et al., 2001; Wolf et al., 2012; Eisenlohr et al., 2013).

Este trabalho de levantamento fitossociológico comparativo entre áreas contribui com a disponibilidade de dados acerca de levantamentos do Núcleo Caraguatutuba, que iniciou em 2010 e tem continuidade, nos anos subsequentes de monitoramento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, em outros trabalhos, a fim de verificar possíveis mudanças no funcionamento dessas áreas, as quais devem ser monitoradas em médio e longo prazo, principalmente em razão de as áreas do NCR serem regiões que poderão sofrer impactos e alterações na dinâmica da floresta, causados pelo funcionamento da Unidade de Tratamento de Gás de Caraguatutuba (UTGCA), através da possível deposição dos NO_x, além de outros impactos diretos e indiretos ocorridos após o início do funcionamento da usina, com a expansão urbana. Fica evidente a necessidade de acompanhar por períodos específicos o desenvolvimento e o funcionamento das florestas estudadas, a fim de levantar questões e obter respostas ligadas às mudanças ambientais.

Este fator dá um alerta para os riscos que os processos antropogênicos causam às áreas florestais. É importante ressaltar que as florestas preservadas são responsáveis

pelos serviços ecossistêmicos (Laurance et al., 2014; Wright, 2005). Tais mudanças ambientais causadas por fatores antrópicos podem tornar mais grave a situação, aumentando as alterações climáticas e a perda destes serviços ecossistêmicos, tão essenciais (Tabarelli et al., 2010).

Os resultados de diversos estudos, assim como os deste trabalho, contribuem ainda para mostrar quais são os impactos que o homem pode causar em estruturas florestais, ao evidenciarem que a influência direta do ser humano na natureza traz efeitos irreparáveis à flora e à fauna que compõem a floresta (Lovejoy et al., 1986; Whelam, 1995; Nascimento et al., 1999; Stern et al., 2002; Freitas et al., 2010), o que contribui para a descoberta de melhores caminhos e processos que convertam as mudanças climáticas atuais e subsequentes, influenciando de forma positiva todo o meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é decorrente de projeto financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) ao Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Vegetal, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

REFERÊNCIAS

- Abbas, M. Z. M., Bruns, R. E., Scarminio, I. S., & Ferreira, J. R. (1993). A multivariate statistical analysis of the composition of rainwater near Cubatão, SP, Brazil. *Environmental Pollution*, 79(3), 225-233. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(93\)90094-5](https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90094-5)
- Alves, G., & Marinho, M. M. O. (2015). Inventários urbanos de emissões de gases de efeito estufa no Brasil: uma análise preliminar. *Encontro Empresarial de Gestão e Meio Ambiente - Engema*. <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/307.pdf>
- Andrade, D. C., & Romeiro, A. R. (2009). Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. *Texto para Discussão. IE/UNICAMP* (155), 1-43. <http://www.avesmarinhas.com.br/Servi%C3%A7os%20ecossist%C3%AAmicos%20e%20sua%20import%C3%A2ncia%20econ%C3%B4mica.pdf>



- Andrade, D. C., & Romeiro, A. R. (2011). Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma "Economia dos Ecossistemas". *Revista Economia*, 12(1), 3-26. https://anpec.org.br/revista/vol12/vol12n1p3_26.pdf
- Angiosperm Phylogeny Group (APG), 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(1), 105-121. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Arendt, J. (1997). Adaptive intrinsic growth rates: an integration across taxa. *Quarterly Review of Biology*, 72(2), 149-177. <https://www.jstor.org/stable/3036336>
- Artaxo, P., Oliveira, P. H., Lara, L. L., Pauliquevis, T. M., Rizzo, L. V., . . . & Correia, A. L. (2006). Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3a), 168-122. https://www.researchgate.net/publication/281269180_Efeitos_climaticos_de_particulas_de_aerossóis_biogenicos_e_emitidos_em_queimadas_na_Amazonia
- Brasil, M. M. A. (2020). *Ministério do Meio Ambiente. Bioma Mata Atlântica*. https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento
- Brower, J. E., & Zar, J. H. (1984). *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Pub.
- Bueno, M. L., Pennington, R. T., & Dexter, K. G. (2017). Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. *Ecography*, 40(3), 403-414. <https://doi.org/10.1111/ecog.01860>
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A. van, Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., & Watson, R. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164-1168. <http://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Campos, M. C. R. D., Tamashiro, J. Y., Assis, M. A., & Joly, C. A. (2011). Florística e fitossociologia do componente arbóreo da transição floresta ombrófila densa das terras baixas-floresta ombrófila densa submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2), 301-312. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200030>
- Domingos, M., Lopes, M. I. M. S., & Vuono, Y. S. (2000). Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 23(1), 77-85. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000100009>
- Durigan, G., Bernacci, L. C., Franco, G. A. D. C., Arboz, G. D. F., Metzger, J. P., & Catharino, E. L. M. (2008). Successional stage and geographic features determine floristic similarity among Atlantic Forest remnants, São Paulo State, Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 22(1), 51-62. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000100007>
- Eisenlohr, P. V., Alves, L. F., Bernacci, L. C., Padgurschi, M. C., Torres, R. B., Prata, E. M., & Martins, F. R. (2013). Disturbances, elevation, topography and spatial proximity drive vegetation patterns along an altitudinal gradient of a top biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 22(12), 2767-2783. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0553-x>
- Eisenlohr, P. V., & Oliveira-Filho, T. (2015). Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. *Biotropica*, 47(6): 689-701. <https://doi.org/10.1111/btp.12254>
- Fidalgo, O., & Bononi, V. L. R. (1994). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. Instituto de Botânica.
- Fonseca, C. R., Overton, J. M., Collins, B., & Westoby, M. (2000). Shifts in trait-combinations along rainfall and phosphorus gradients. *Journal of Ecology*, 88(6), 964-977. <https://www.jstor.org/stable/2648405>
- Freitas, S. R., Longo, K. M., Silva Dias, M. A. F., & Silva Dias, P. L. (2005). Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. *Estudos Avançados*, 19(53), 167-185. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000100011>
- Freitas, S. R., Hawbaker, T. J., & Metzger, J. P. (2010). Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 259(3), 410-417. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.036>
- Fundação S.O.S. Mata Atlântica (1992). *Mata Atlântica*. <https://www.sosma.org.br/sobre/historia/>
- Gandolfi, S., Leitão Filho, H., & Bezerra, C. L. F. (1995). Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma Floresta Mesófila Semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 55(4), 753-767.
- Garcia, C. C., Reis, M. D. G. F., Reis, G. G., Pezzopane, J. E. M., Lopes, H. N. S., & Ramos, D. C. (2011). Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana, no domínio da Mata Atlântica, em Viçosa, MG. *Ciência Florestal*, 21(4), 677-688. <https://doi.org/10.5902/198050984512>
- Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75(1), 1-34. <https://doi.org/10.2307/2399464>
- Gomes, J. A. M. A., Bernacci, L. C., & Joly, C. A. (2011). Diferenças florísticas e estruturais entre duas cotas altitudinais da Floresta Ombrófila Densa Submontana Atlântica, do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba/SP, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2), 123-137. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200013>

- Grime, J. P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169-1194. <https://www.jstor.org/stable/2460262>
- Guerra, T. N. F., Rodal, M. J. N., Lins e Silva, A. C. B., Alves, M., Silva, M. A. M., & Mendes, P. G. A. (2013). Influence of edge and topography on the vegetation in an Atlantic Forest remnant in northeastern Brazil. *Journal of Forest Research*, 18(2), 200-208. <https://doi.org/10.1007/s10310-012-0344-3>
- Hiura, A. L. (2011). *Euphorbiaceae sensu stricto, Phyllanthaceae, Picrodendraceae e Putranjivaceae do campo experimental da EMBRAPA Amazônia oriental, município de Moju, Pará* [Tese de doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém].
- Högberg, P. (2007). Nitrogen impacts on forest carbon. *Nature*, 447, 781-782. <https://doi.org/10.1038/447781a>
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368. <http://doi.org/10.1126/science.105.2727.367>
- Ivanauskas, N. M., Monteiro, R., & Rodrigues, R. R. (2000). Similaridade florística entre áreas de Floresta Atlântica no estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Ecology*, 1(2), 71-81.
- Joly, C. A., & Martinelli, L. A. (2008). *Composição florística, estrutura e funcionamento da Floresta Ombrófila Densa dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar, Estado de São Paulo, Brasil* [3º Relatório do Projeto Temático Biotá Gradiante Funcional]. São Paulo.
- Joly, C. A., Metzger J. P., & Tabarelli M. (2014). Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 204(3), 459-473. <https://doi.org/10.1111/nph.12989>
- Júnior, L. R. N., Dompieri, M. H. G., & Cruz, M. A. S. (2019). GeoTAB: Identificação dos biomas e da vegetação na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. *Scientia Plena*, 15(11), 1-20.
- Klumpp, A., Klumpp, G., & Domingos, M. (1994). Plants as bioindicators of air pollution at the Serra do Mar near the industrial complex of Cubatão, Brasil. *Environmental Pollution*, 85(1), 109-116. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)90244-5](https://doi.org/10.1016/0269-7491(94)90244-5)
- Klumpp, A., Domingos, M., & Klumpp, G. (1996). Assessment of the vegetation risk by fluoride emissions from fertiliser industries at Cubatão, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 92(3), 219-228. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(96\)05298-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(96)05298-9)
- Klumpp, A., Domingos, M., Moraes, R. M., & Klumpp G. (1998). Effects of complex air pollution on tree species of the atlantic rain forest near Cubatão, Brasil. *Chemosphere*, 36(4-5), 989-994. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)10160-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)10160-6)
- Köeppen, W. (1948). *Climatologia*. Fondo de Cultura Econômica.
- Krug, T. (2008). Impacto, vulnerabilidade e adaptação das florestas à mudança climática. *Parcerias Estratégicas*, 13(27), 43-72. http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/332
- Kunz, S. H., & Martins, S. V. (2013). Regeneração natural de floresta estacional semidecidual em diferentes estágios sucessionais (Zona da Mata, MG, Brasil). *Floresta*, 44(1), 111-124. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v44i1.30736>
- Laurance, W. F., Sayer, J., & Cassman, K. G. (2014). Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(2), 107-116. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.12.001>
- Leitão Filho, H. F., Pagano, S. N., Cesar, O., Timoni, J. L., & Rueda, J. J. (1993). *Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão*. EdUNESP.
- Lewis, S. L., Phillips, O. L., Baker, T. R., Lloyd, J., Malhi, Y., . . . & Vinceti, B. (2004). Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 359, 421-436. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2003.1431>
- Lovejoy, T. E., Bierregaard, R. O. Jr., Rylands, A. B., Malcolm, J. R., Quintela, C. E., Harper, L. H., Brown, K. S., Powell, A. H., Powell, G. V. N., Schubart, H. O. R., & Hays, M. B. (1986). Edges and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In M. E. Soulé (Ed.), *Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (pp. 257-285). Sinauer.
- Malhi, Y., Phillips, O. L., Lloyd, J., Baker, T., Wright . . . , & Vicenti, B. (2002). An international network to monitor the structure, composition and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). *Journal of Vegetation Science*, 13(3), 439-450. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02068.x>
- Marcos, C. S., & Matos, D. M. S. (2012). Estrutura de populações de palmeiro (*Euterpe edulis* Mart.) em áreas com diferentes graus de impactação na floresta da Tijuca, RJ. *Floresta e Ambiente*, 10(1), 27-37. <https://floram.org/article/588e2201e710ab87018b45ee>
- Martins, F. R. (1991). *Estrutura de uma floresta mesófila*. Editora da UNICAMP.
- Martins, S. C. (2010). *Caracterização dos solos e serrapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo].
- Mayer, R., Liess, S., Lopes, M. I. M. S., & Kreutzer, K. 2000. Atmospheric pollution in a Tropical Rain Forest: effects of deposition upon biosphere and hydrosphere II. Fluxes of chemicals and element with budgets. *Water, Air, and Soil Pollution*, 121, 79-92. <https://doi.org/10.1023/A:1005249615589>

- Mckinney, M. L., & Lockwood, J. L. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution*, 14(11), 450-453. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01679-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01679-1)
- Medeiros, M. C. M. P. (2009). *Caracterização fitofisionômica e estrutural de áreas de Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Estadual da Serra do Mar, SP, Brasil* [Dissertação de mestrado, Instituto de Botânica IBT/SMA, São Paulo, Brasil].
- Moraes, R., Delitti, W. B. C., & Moraes, J. A. P.V.D. (2000). Respostas de indivíduos jovens de *Tibouchina pulchra* Cogn. à poluição aérea de Cubatão, SP: fotossíntese líquida, crescimento e química foliar. *Brazilian Journal of Botany*, 23(4), 443-449. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000400010>
- Moreno, M. R., Nascimento, M. T., & Kurtz, B. C. (2003). Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na Mata Atlântica de encosta da região de Imbé, RJ. *Acta Botanica Brasilica*, 17(3), 371-386. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000300005>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods for vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nascimento, H. E. M., Dias, A. S., Tabanez, A. A. J., & Viana, V. M. (1999). Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta semidecidual na região de Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2), 329-342. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000200015>
- Pachauri, R. K., & Meyer, L. A. (Eds.). (2014). *Mudança Climática 2014: Relatório de Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*. IPCC.
- Padgurschi, M. D. C. G., Pereira, L. S., Tamashiro, J. Y., & Joly, C. A. (2011). Composição e similaridade florística entre duas áreas de Floresta Atlântica Montana, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2), 139-152. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200014>
- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarrés, J. F., & Chini, L. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330(6010), 1496-1501. <http://doi.org/10.1126/science.1196624>
- Pereira, J. A. A., Oliveira-Filho, A. T., Eisenlohr, P. V., Miranda, P. L. S., & Lemos Filho, J. P. (2015). Human impacts affect tree community features of 20 forest fragments of a vanishing Neotropical hotspot. *Environmental Management*, 55, 296-307. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0387-7>
- Pilatti, D. M. (2018). *Ecological fitting em *Schinus terebinthifolius* Raddi: entendendo o processo de dispersão e invasão da espécie* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba].
- Pinheiro, E. S., & Durigan, G. (2012). Diferenças florísticas e estruturais entre fitofisionomias do Cerrado em Assis, SP, Brasil. *Revista Árvore*, 36(1), 181-193. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000100019>
- Pscheidt, A. C., & Cordeiro, I. (2012). Synopsis of the tribe Hippomaneae (Euphorbiaceae) in São Paulo State, Brazil. *Hoehnea*, 39(3), 347-368. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062012000300001>
- Pyke, C. R., Condit, R., Aguilar, S., & Lao, S. (2001). Floristic composition across a climatic gradient in a neotropical lowland forest. *Journal of Vegetation Science*, 12(4), 553-566. <https://doi.org/10.2307/3237007>
- R Development Core Team. (2010). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Ramos, E., Torres, R. B., Veiga, R. F. D. A., & Joly, C. A. (2011). Estudo do componente arbóreo de dois trechos da Floresta Ombrófila Densa Submontana em Ubatuba (SP). *Biota Neotropica*, 11(2), 313-335. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200031>
- Ribeiro, K. T., & Freitas, L. (2010). Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. *Biota Neotropica*, 10(4), 239-246. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400029>
- Rochelle, A. L. C., Cielo-Filho, R., & Martins, F. R. (2011). Florística e estrutura de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica Submontana no Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba/SP, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(2), 337-346. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000200032>
- Salati, E., Santos A. A., & Klabi, I. (2006). Temas ambientais relevantes. *Estudos Avançados*, 20(56), 107-127. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10125>
- Sanchez, M., Pedroni, F., Eisenlohr, P. V., & Oliveira-Filho, A. T. (2013). Changes in tree community composition and structure of Atlantic rainforest on a slope of the Serra do Mar range, Southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(3), 184-196. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.03.002>
- Santos, G. N. D., Higuchi, P., Silva, A. C. D., Farias, K. J., Machado, F. D., Duarte, E., & Walter, F. F. (2018). Regeneração natural em uma Floresta com Araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. *Ciência Florestal*, 28(2), 483-494. <https://doi.org/10.5902/1980509832029>
- Shepherd, G. J. (2010). FITOPAC 2.1. Manual do Usuário. Unicamp.

- Siche, R., Agostinho, F., Ortega, E., & Romeiro, A. (2007). Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, 10(2), 137-148. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200009>
- Soares, S. R., Bernardes, R. S., & Netto, O. M. (2002). Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. *Cadernos de Saúde Pública*, 18(6), 1713-1724. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2002000600026>
- Stefani, E. J. F. (2013). *Estrutura, composição florística e similaridade entre áreas de Floresta Ombrófila Densa Submonta e Montana do Parque Estadual da Serra do Mar, litoral Norte/SP* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas].
- Stern, M., Quesada, M., & Stoner, K. E. (2002). Changes in composition and structure of a tropical dry forest following intermittent cattle grazing. *Revista de Biología Tropical*, 50(3-4), 1021-1034.
- Stewart, G. R., Aidar, M. P. M., Joly, C. A., & Schmidt, S. 2002. Impact of point source pollution on nitrogen isotope signatures ($\delta^{15}\text{N}$) of vegetation in SE Brazil. *Oecologia*, 131, 468-472. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0906-8>
- Tabarelli, M., Aguiar, A. V., Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., & Peres, C. A. (2010). Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. *Biological Conservation*, 143(10), 2328-2340. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.02.005>
- Tabarelli, M., Leão, T. C., Fonseca, C. R., & Peres, C. A. (2014). Predicting extinction risk of Brazilian Atlantic Forest angiosperms. *Conservation Biology*, 28(5), 1349-1359. <https://doi.org/10.1111/cobi.12286>
- Trindade, M. J. D. S. (2008). *Euphorbiaceae Juss. da floresta nacional de Caxiuanã, com ênfase nas espécies ocorrentes na grade do PPBIO, Pará, Brasil* [Tese de doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém].
- Uhlir, A., Goldemberg, J., & Coelho, S. T. (2008). O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Energia*, 14(2), 67-85. <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/224>
- Valentin, J. L. (2000). *Ecologia numérica – uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência.
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R., & Lima, J. C. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE.
- Veneziani, Y., Cicco, V., Câmara, C. D., Ranzini, M., & Arcova, F. C. S. (2009). Análise das precipitações e das vazões de um trecho da bacia hidrográfica do Rio Paraibuna-SP. *IF Série Registros*, (40), 197-202.
- Whelan, R. J. (1995). *The ecology of fire*. Cambridge University Press.
- Wright, S. J. (2005). Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(10), 553-560. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.07.009>
- Wolf, J. A., Fricker, G. A., Meyer, V., Hubbell, S. P., Gillespie, T. W., & Saatchi, S. S. (2012). Plant species richness is associated with canopy height and topography in a neotropical. *Remote Sensing*, 4(12), 4010-4021. <https://doi.org/10.3390/rs4124010>
- Zhao, C. M., Chen, W. L., Tian, Z. Q., & Xie, Z. Q. (2005). Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia mountains, Central China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(12), 1431-1449. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00164.x>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

E. J. F. Stefani contribuiu com administração de projeto, análise formal, conceituação, curadoria de dados, escrita (rascunho original), investigação, metodologia, recursos, software, validação e visualização; J. Y. Tamashiro com conceituação, curadoria de dados, escrita (revisão e edição), metodologia, recursos, validação e visualização; e C. A. Joly com administração de projeto, aquisição de financiamento, conceituação, escrita (revisão e edição), metodologia, recursos, supervisão, validação e visualização.

Apêndice 1. Espécies de árvores, 'palmeiras' e 'samambaias' arborescentes com as respectivas famílias. Indivíduos amostrados na fitofisionomia FOD Submontana em Caraguatatuba, São Paulo. Legendas: NInd = número de indivíduo; RelDe = densidade relativa; NAm = número de amostras; AbsDo = dominância absoluta; e IVI = índice de valor de importância. As espécies estão listadas em ordem de IVI.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Mabea piriri</i> Aubl.	Euphorbiaceae	220	9,7	56	5,78	25,1
<i>Bathysa mendoncae</i> K.Schum.	Rubiaceae	116	5,11	54	1,28	11,1
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K.Schum.) A.Robyns	Malvaceae	47	2,07	35	3	10,5
<i>Actinostemon verticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	Euphorbiaceae	90	3,97	40	1,57	9,72
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	Sapotaceae	25	1,1	20	2,51	7,52
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	Arecaceae	82	3,61	37	0,68	7,33
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	73	3,22	38	0,73	7,11
<i>Eugenia batingabranca</i> Sobral	Myrtaceae	55	2,42	34	0,92	6,46
<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) Benth. & Hook. f.	Rubiaceae	50	2,2	36	0,76	6,03
<i>Senefeldera multiflora</i> (Mart.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	45	1,98	25	1,07	5,75
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	Fabaceae	20	0,88	12	1,99	5,74
<i>Mollinedia pachysandra</i> Perkins	Monimiaceae	25	1,1	21	1,4	5,31
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Elaeocarpaceae	28	1,23	22	1,28	5,26
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae	28	1,23	16	1,12	4,54
<i>Gomidesia spectabilis</i> (DC.) O.Berg	Myrtaceae	39	1,72	27	0,43	4,3
<i>Faramea picinguabae</i> M. Gomes	Rubiaceae	39	1,72	30	0,2	4,01
<i>Ocotea</i> aff. <i>estrellense</i> Mez	Lauraceae	20	0,88	19	0,91	3,95
<i>Coussarea meridionalis</i> var. <i>porophylla</i> (Vell.) Müll. Arg.	Rubiaceae	35	1,54	26	0,34	3,88
<i>Actinostemon</i> sp.1	Euphorbiaceae	31	1,37	23	0,44	3,71
<i>Coussarea accedens</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	35	1,54	24	0,19	3,44
<i>Pseudopiptadenia warmingii</i> (Benth.) G.P.Lewis	Fabaceae	6	0,26	6	1,08	2,88
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Moraceae	20	0,88	19	0,38	2,86
<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	Moraceae	17	0,75	15	0,55	2,83
<i>Calyptanthes lucida</i> Mart. ex DC.	Myrtaceae	21	0,93	13	0,53	2,83
<i>Lacistema lucidum</i> Schnizl.	Lacistemataceae	23	1,01	17	0,35	2,8
<i>Mollinedia engleriana</i> Perkins	Monimiaceae	25	1,1	21	0,17	2,77
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	Bignoniaceae	16	0,71	12	0,59	2,67
<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.	Lauraceae	14	0,62	13	0,59	2,65
<i>Eugenia cuprea</i> (O. Berg) Mattos	Myrtaceae	21	0,93	17	0,29	2,6
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	24	1,06	18	0,18	2,55
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	Myrtaceae	22	0,97	20	0,13	2,5
<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	Arecaceae	19	0,84	14	0,34	2,41
<i>Zygia latifolia</i> var. <i>glabrata</i> (Mart.) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	22	0,97	19	0,08	2,33
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp	Euphorbiaceae	17	0,75	15	0,31	2,32
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Phyllanthaceae	18	0,79	15	0,28	2,31
<i>Tapirira guianensis</i> Engl.	Anacardiaceae	11	0,48	11	0,54	2,28
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	Nyctaginaceae	19	0,84	16	0,19	2,22



Apêndice 1.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Neomitranthes glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand	Myrtaceae	17	0,75	16	0,21	2,18
<i>Sorocea hilarii</i> Gaudich.	Moraceae	15	0,66	14	0,29	2,14
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Peraceae	16	0,71	12	0,3	2,08
<i>Amaioua intermedia</i> Mart.	Rubiaceae	17	0,75	12	0,26	2,03
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	7	0,31	7	0,61	2,01
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Sapotaceae	17	0,75	14	0,18	1,99
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae	17	0,75	15	0,14	1,97
<i>Ocotea argentea</i> Mez	Lauraceae	14	0,62	13	0,25	1,95
<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	Rutaceae	11	0,48	7	0,49	1,93
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Urticaceae	13	0,57	12	0,27	1,88
<i>Calyptranthes grandifolia</i> O.-Berg	Myrtaceae	12	0,53	12	0,27	1,84
<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. ex DC.	Chrysobalanaceae	13	0,57	12	0,23	1,8
<i>Trichilia silvatica</i> C.DC.	Meliaceae	7	0,31	4	0,58	1,76
<i>Viola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	Myristicaceae	8	0,35	6	0,49	1,75
<i>Myrcia richardiana</i> (O.Berg) Kiaersk.	Myrtaceae	15	0,66	11	0,15	1,67
<i>Ocotea elegans</i> Mez	Lauraceae	13	0,57	10	0,21	1,63
<i>Miconia dodecandra</i> Cogn.	Melastomataceae	15	0,66	10	0,14	1,57
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae	10	0,44	8	0,3	1,56
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	14	0,62	13	0,05	1,52
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Salicaceae	10	0,44	10	0,2	1,47
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	10	0,44	10	0,16	1,4
<i>Mollinedia uleana</i> Perkins	Monimiaceae	6	0,26	6	0,36	1,38
<i>Pausandra morisiana</i> (Casar.) Radlk.	Euphorbiaceae	12	0,53	10	0,08	1,32
<i>Ocotea venulosa</i> (Nees) Baitello	Lauraceae	10	0,44	9	0,15	1,31
<i>Actinostemon klotzschii</i> (Didr.) Pax.	Euphorbiaceae	7	0,31	6	0,29	1,29
<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	Boraginaceae	9	0,4	9	0,16	1,29
<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.	Lauraceae	11	0,48	8	0,15	1,29
<i>Myrcia amazonica</i> DC.	Myrtaceae	10	0,44	10	0,11	1,29
<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	Chrysobalanaceae	10	0,44	9	0,11	1,23
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch & Triana) Zappi	Clusiaceae	10	0,44	9	0,1	1,21
<i>Malouetia arborea</i> (Vell.) Miers	Apocynaceae	8	0,35	8	0,17	1,21
<i>Marlierea suaveolens</i> Cambess.	Myrtaceae	10	0,44	10	0,07	1,2
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae	10	0,44	9	0,09	1,19
<i>Pouteria oxypetala</i> T.D.Penn.	Sapotaceae	8	0,35	7	0,19	1,19
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	Lauraceae	6	0,26	6	0,26	1,17
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	4	0,18	4	0,36	1,16
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	Cyatheaceae	10	0,44	8	0,05	1,05
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	Myrtaceae	9	0,4	8	0,07	1,04
<i>Savia dictyocarpa</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae	7	0,31	6	0,15	1
<i>Vochysia bifalcata</i> Warm.	Vochysiaceae	3	0,13	3	0,33	1



Apêndice 1.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Guapira cf. venosa</i> (Choisy) Lundell	Nyctaginaceae	8	0,35	8	0,04	0,95
<i>Viola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	Myricaceae	8	0,35	7	0,08	0,95
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	10	0,44	7	0,03	0,94
<i>Licania octandra</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult Kuntze	Chrysobalanaceae	7	0,31	7	0,07	0,9
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G.Nicholson	Bignoniaceae	6	0,26	6	0,12	0,9
<i>Couepia venosa</i> Prance	Chrysobalanaceae	6	0,26	6	0,11	0,86
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees	Lauraceae	6	0,26	4	0,16	0,84
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	7	0,31	5	0,1	0,83
<i>Maytenus robusta</i> Reissek	Celastraceae	7	0,31	6	0,06	0,81
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltdl.) Wawra	Rubiaceae	8	0,35	6	0,04	0,81
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	Lauraceae	5	0,22	5	0,13	0,8
<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	Euphorbiaceae	6	0,26	6	0,07	0,79
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Lecythidaceae	4	0,18	4	0,17	0,78
<i>Guatteria hilariana</i> Engl.	Annonaceae	6	0,26	6	0,06	0,75
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	Lauraceae	4	0,18	4	0,15	0,74
<i>Terminalia cf. januariensis</i> DC.	Combretaceae	4	0,18	4	0,15	0,74
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Olacaceae	6	0,26	6	0,04	0,73
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Fabaceae	4	0,18	4	0,14	0,72
<i>Calyptranthes</i> sp.	Myrtaceae	6	0,26	5	0,05	0,68
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	Sapotaceae	5	0,22	5	0,06	0,65
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	4	0,18	4	0,1	0,63
<i>Faramea pachyantha</i> Müll. Arg.	Rubiaceae	5	0,22	5	0,04	0,62
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	Monimiaceae	5	0,22	5	0,04	0,62
<i>Pouteria hispida</i> Eyma	Sapotaceae	5	0,22	5	0,04	0,62
<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	Araliaceae	5	0,22	4	0,07	0,61
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & C.D.Bouché	Moraceae	3	0,13	3	0,14	0,6
<i>Matayba juglandifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	5	0,18	5	0,08	0,6
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	4	0,18	4	0,08	0,59
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	4	0,18	4	0,08	0,58
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	Myrtaceae	5	0,22	5	0,02	0,57
<i>Symplocos estrellensis</i> Casar.	Symplocaceae	4	0,18	4	0,07	0,57
<i>Ilex theezans</i> Mart.	Aquifoliaceae	3	0,13	3	0,11	0,56
<i>Inga striata</i> Benth.	Fabaceae	3	0,13	3	0,12	0,56
<i>Myrtaceae</i> sp.3	Myrtaceae	4	0,18	3	0,09	0,55
<i>Eugenia oblongata</i> O. Berg	Myrtaceae	5	0,22	4	0,03	0,54
<i>Pouteria gardneriana</i> (A.DC.) Radlk.	Sapotaceae	3	0,13	3	0,1	0,52
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	Myrtaceae	4	0,18	4	0,04	0,5
<i>Schoepfia brasiliensis</i> A.DC.	Schoepfiaceae	4	0,18	4	0,03	0,5
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae	4	0,18	4	0,03	0,49
<i>Calyptranthes strigipes</i> O. Berg	Myrtaceae	3	0,13	3	0,08	0,48



Apêndice 1.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Myrtaceae</i> sp.1	Myrtaceae	4	0,18	4	0,03	0,48
<i>Inga capitata</i> Desv.	Fabaceae	4	0,18	4	0,02	0,47
<i>Licania reticulata</i> Prance	Chrysobalanaceae	4	0,18	4	0,02	0,47
<i>Ocotea brachybotra</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	4	0,18	4	0,02	0,47
<i>Rudgea vellerea</i> Mull.Arg.	Rubiaceae	4	0,18	4	0,02	0,46
<i>Abarema turbinata</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	2	0,09	2	0,11	0,44
<i>Hymenolobium janeirense</i> Kuhlman.	Fabaceae	4	0,18	3	0,04	0,44
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	Proteaceae	3	0,13	3	0,06	0,44
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Bignoniaceae	3	0,13	3	0,05	0,42
<i>Maytenus schumanniana</i> Loes.	Celastraceae	3	0,13	3	0,05	0,41
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	Cyatheaceae	6	0,26	1	0,03	0,4
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae	2	0,09	2	0,09	0,4
<i>Tontelea leptophylla</i> A.C.Sm.	Celastraceae	3	0,13	3	0,03	0,39
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	Sapotaceae	3	0,13	3	0,01	0,35
<i>Eugenia cerasiflora</i> Miq.	Myrtaceae	3	0,13	3	0,01	0,34
<i>Mollinedia utriculatus</i> (Mart.) Perkins	Monimiaceae	3	0,13	3	0,01	0,34
<i>Urbanodendron bahiense</i> (Meisn.) Rohwer	Lauraceae	2	0,09	2	0,06	0,34
<i>Dendropanax monogynus</i> (Vell.) Seem.	Araliaceae	3	0,13	3	0,01	0,33
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Cunoniaceae	1	0,04	1	0,1	0,31
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Euphorbiaceae	1	0,04	1	0,1	0,31
<i>Rapanea venosa</i> (A. DC.) Mez	Primulaceae	2	0,09	2	0,04	0,3
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	2	0,09	2	0,04	0,29
<i>Ardisia martiana</i> Miq.	Primulaceae	3	0,13	2	0,01	0,28
<i>Licania kunthiana</i> Hook. f.	Chrysobalanaceae	3	0,13	2	0,01	0,28
<i>Calophyllum brasiliensis</i> Cambess.	Clusiaceae	2	0,09	2	0,03	0,27
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae	2	0,09	2	0,02	0,26
<i>Myrtaceae</i> sp.2	Myrtaceae	2	0,09	2	0,02	0,26
<i>Chrysophyllum dusenii</i> Cronquist	Sapotaceae	2	0,09	2	0,02	0,25
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	2	0,09	2	0,01	0,24
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A. Howard	Cardiopteridaceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Conchocarpus fontanesianus</i> (A. St.-Hil.) Kallunki & Piran	Rutaceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Cupania concolor</i> Radlk.	Sapindaceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Eugenia prasina</i> O. Berg	Myrtaceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Miconia brasiliensis</i> (Spreng.) Triana	Melastomataceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Mollinedia blumenaviana</i> Perkins	Monimiaceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Salacia grandifolia</i> (Mart. ex Schult.) G.Don	Celastraceae	2	0,09	2	0,01	0,23
<i>Stiffia fruticosa</i> (Vell.) D.J.N.Hind & Semir	Compositae	2	0,09	2	0	0,22
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1	0,04	1	0,05	0,21
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Rosaceae	1	0,04	1	0,05	0,2
<i>Eugenia</i> sp.2	Myrtaceae	1	0,04	1	0,04	0,19



Apêndice 1.

(Conclusão)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	Fabaceae	1	0,04	1	0,04	0,18
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	Caricaceae	1	0,04	1	0,03	0,17
<i>Eugenia</i> sp.1	Myrtaceae	1	0,04	1	0,03	0,16
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	Solanaceae	2	0,09	1	0,01	0,16
<i>Hippocratea comosa</i> Sw.	Celastraceae	1	0,04	1	0,02	0,15
<i>Solanum rufescens</i> Sendtn.	Solanaceae	1	0,04	1	0,02	0,14
<i>Buchenavia kleinii</i> Exell	Combretaceae	1	0,04	1	0,01	0,13
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	1	0,04	1	0,01	0,13
<i>Samanea</i> sp.	Fabaceae	1	0,04	1	0,01	0,13
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	Sapindaceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Malpighiaceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Citronella megaphylla</i> R.A. Howard	Cardiopteridaceae	1	0,04	1	0	0,12
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Maytenus communis</i> Reissek	Celastraceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Miconia budlejoides</i> Triana	Melastomataceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Myrcia tijucensis</i> Kiaersk.	Myrtaceae	1	0,04	1	0	0,12
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	Compositae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	Fabaceae	1	0,04	1	0,01	0,12
<i>Andira fraxinifolium</i> Benth.	Fabaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Chomelia bella</i> (Standl.) Steyerm.	Rubiaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	Sapindaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Erythroxylum speciosum</i> O.E.Schulz	Erythroxylaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Meliaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Matayba intermedia</i> Mart.	Sapindaceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Miconia petropolitana</i> Cogn.	Melastomataceae	1	0,04	1	0	0,11
<i>Terminalia</i> cf. <i>argentea</i> Mart.	Combretaceae	1	0,04	1	0	0,11
Total		2182	96,00	1538	46,96	289,00



Apêndice 2. Espécies de árvores, 'palmeiras' e 'samambaias' com as respectivas famílias. Indivíduos amostrados na fitofisionomia FOD NCR Montana 1 em Caraguatuba, São Paulo. Legendas: NInd = número de indivíduo; RelDe = densidade relativa; NAm = número de amostras; AbsDo = dominância absoluta; e IVI = índice de valor de importância.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	Sapotaceae	60	3,14	39	8,78	24,62
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	186	9,74	79	0,64	16,53
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	Nyctaginaceae	56	2,93	32	1,12	7,52
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae	52	2,72	36	0,89	7,09
<i>Mollinedia pachysandra</i> Pekins	Monimiaceae	38	1,99	28	1,45	7,03
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K. Schum.) A. Robyns	Malvaceae	42	2,2	26	1,34	6,86
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	Nyctaginaceae	60	3,14	35	0,61	6,85
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp	Euphorbiaceae	19	1	17	2,17	6,8
<i>Myrcia tijucensis</i> Kiaersk.	Myrtaceae	36	1,89	27	1,03	5,95
<i>Mollinedia blumenaviana</i> Perkins	Monimiaceae	46	2,41	31	0,33	5,23
<i>Eugenia batingabranca</i> Sobral	Myrtaceae	42	2,2	32	0,38	5,22
<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	Araliaceae	23	1,2	22	1,04	4,95
<i>Bathysa australis</i> (A. St. -Hil.) Benth. & Hook. F.	Rubiaceae	36	1,89	23	0,6	4,75
<i>Marlierea suaveolens</i> Cambess.	Myrtaceae	39	2,04	31	0,23	4,67
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Myrtaceae	32	1,68	27	0,48	4,55
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch & Triana) Zappi	Clusiaceae	33	1,73	30	0,32	4,47
<i>Mollinedia engleriana</i> Perkins	Monimiaceae	27	1,41	22	0,72	4,46
<i>Mollinedia uleana</i> Perkins	Monimiaceae	30	1,57	25	0,48	4,31
<i>Mollinedia gilgiana</i> Perkins	Monimiaceae	28	1,47	27	0,41	4,2
<i>Ardisia martiana</i> Miq.	Primulaceae	35	1,83	28	0,2	4,19
<i>Calyptranthes strigipes</i> O. Berg	Myrtaceae	30	1,57	25	0,36	4,05
<i>Ocotea dispersa</i> (Ness & Mart.) Mez	Lauraceae	18	0,94	17	0,68	3,56
<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O. Berg	Myrtaceae	17	0,89	16	0,72	3,52
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	Lauraceae	18	0,94	17	0,57	3,33
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	Myrtaceae	20	1,05	19	0,41	3,23
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O. Berg	Myrtaceae	22	1,15	19	0,32	3,15
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	26	1,36	23	0,09	3,14
<i>Neomitranthes glomerata</i> D. Legrand	Myrtaceae	14	0,73	14	0,65	3,08
<i>Guatteria australis</i> A. St. Hil	Annonaceae	22	1,15	18	0,28	3
<i>Pouteria gardneriana</i> (A. DC.) Radlk.	Sapotaceae	12	0,63	11	0,7	2,88
<i>Bathysa mendoncaei</i> K. Schum.	Rubiaceae	23	1,2	20	0,12	2,83
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	Lauraceae	9	0,47	8	0,77	2,68
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	Sapindaceae	18	0,94	16	0,25	2,58
<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	Arecaceae	17	0,84	16	0,22	2,4
<i>Myrcia richardiana</i> (O. Berg) Kiaersk.	Myrtaceae	11	0,58	9	0,49	2,25
<i>Machaerium dimorphandrum</i> Hoehnc	Fabaceae	9	0,47	7	0,6	2,25
<i>Ecclinusa ramiflora</i> Mart.	Sapotaceae	10	0,52	10	0,47	2,22
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	Cyatheaceae	19	1	13	0,15	2,21
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	Araliaceae	17	0,89	15	0,13	2,21
<i>Eugenia copacabanensi</i> Kiaersk.	Myrtaceae	10	0,52	10	0,46	2,21



Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Amaioua intermedia</i> Mart.	Rubiaceae	13	0,68	11	0,35	2,19
<i>Eugenia</i> sp.2	Myrtaceae	18	0,94	15	0,1	2,19
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	Sapotaceae	9	0,47	9	0,5	2,15
<i>Hirtella hebeclada</i> Moric. Ex DC.	Chrysobalanaceae	12	0,63	12	0,3	2,09
<i>Matayba juglandifolia</i> Radlk.	Sapindaceae	13	0,68	12	0,25	2,04
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	11	0,58	10	0,36	2,03
<i>Calyptranthes lucida</i> Mart. ex DC	Myrtaceae	14	0,73	11	0,24	2
<i>Ocotea elegans</i> Mez	Lauraceae	15	0,79	11	0,17	1,91
<i>Eugenia</i> sp.3	Myrtaceae	16	0,84	12	0,09	1,86
<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	Melastomataceae	7	0,37	7	0,47	1,84
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Elaeocarpaceae	9	0,47	9	0,34	1,82
<i>Matayba intermedia</i> Mart.	Sapindaceae	6	0,31	6	0,5	1,79
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Meliaceae	13	0,68	12	0,11	1,73
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltld.) Wawra	Rubiaceae	13	0,68	12	0,05	1,61
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	Lauraceae	8	0,42	7	0,32	1,59
<i>Aiouea acarodomatifera</i> Kosterm.	Lauraceae	3	0,16	2	0,57	1,51
<i>Mouriri chamissoana</i> Cogn.	Melastomataceae	11	0,58	11	0,07	1,48
<i>Gomidesia spectabilis</i> (DC.) O. Berg	Myrtaceae	12	0,63	10	0,08	1,48
<i>Calyptranthes grandifolia</i> O. Berg	Myrtaceae	11	0,58	10	0,1	1,47
<i>Faramea pachyantha</i> Mull. Arg.	Rubiaceae	11	0,58	10	0,08	1,43
<i>Couepia venosa</i> Prance	Chrysobalanaceae	8	0,42	8	0,19	1,38
<i>Chrysophyllum dusenii</i> Cronquist	Sapotaceae	6	0,31	6	0,3	1,37
<i>Ouratea parviflora</i> (A. DC.) Baill.	Lauraceae	11	0,58	8	0,04	1,21
Myrtaceae sp.3	Myrtaceae	9	0,47	7	0,1	1,16
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Euphorbiaceae	7	0,37	5	0,2	1,14
<i>Miconia brasiliensis</i> (Spreng.) Triana	Melastomataceae	9	0,47	7	0,05	1,06
<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.	Lauraceae	5	0,26	5	0,19	1,01
<i>Eugenia cuprea</i> (O. Berg) Mattos	Myrtaceae	5	0,26	5	0,18	1
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	Salicaceae	3	0,16	3	0,29	0,99
<i>Beilschmiedia emarginata</i> (Meisn.) Kosterm.	Lauraceae	5	0,26	5	0,18	0,98
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St. Hil	Solanaceae	6	0,31	6	0,12	0,98
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Sapotaceae	6	0,31	6	0,11	0,97
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	Fabaceae	3	0,16	3	0,27	0,94
<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	7	0,37	7	0,03	0,91
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	6	0,31	6	0,08	0,9
<i>Cyathea dichromatolepis</i> Mart.	Cyatheaceae	7	0,37	7	0,02	0,89
<i>Faramea picinguabae</i> M. Gomes	Rubiaceae	5	0,26	5	0,13	0,89
<i>Inga capitata</i> Desv.	Fabaceae	6	0,31	6	0,06	0,85
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	Boraginaceae	4	0,21	3	0,2	0,85
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	Fabaceae	5	0,26	4	0,12	0,8
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	Lauraceae	5	0,26	4	0,12	0,79
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Olacaceae	5	0,26	5	0,07	0,75
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A. Howard	Cardiopteridaceae	4	0,21	4	0,12	0,74



Apêndice 2.

(Continua)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	5	0,26	5	0,05	0,71
<i>Citronella megaphylla</i> (Miers) Howard	Cardiopteridaceae	5	0,26	5	0,05	0,7
<i>Coussapoa microcarpa</i> Schott) Rizzini	Moraceae	2	0,1	2	0,21	0,69
<i>Eugenia cerasiflora</i> Miq.	Myrtaceae	5	0,26	5	0,03	0,68
<i>Miconia tristis</i> Spring	Melastomataceae	5	0,26	5	0,03	0,68
<i>Inga striata</i> Benth.	Fabaceae	3	0,16	3	0,14	0,66
<i>Myrtaceae</i> sp.4	Myrtaceae	4	0,21	4	0,08	0,65
<i>Guatteria hilariana</i> Engl.	Annonaceae	5	0,26	5	0,02	0,64
<i>Inga hispida</i> Schott. ex. Benth.	Fabaceae	5	0,26	5	0,02	0,64
<i>Ocotea aciphylla</i> (Ness & Mart.) Mez	Lauraceae	2	0,1	1	0,21	0,63
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	4	0,21	4	0,07	0,63
<i>Andira fraxinifolium</i> Benth.	Fabaceae	2	0,1	2	0,18	0,63
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	Cyatheaceae	4	0,21	4	0,04	0,57
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Euphorbiaceae	4	0,21	4	0,04	0,57
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	Sapotaceae	3	0,16	3	0,09	0,56
<i>Byrsonima ligustrifolia</i> Adr. Juss	Malpighiaceae	2	0,1	2	0,14	0,55
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	Fabaceae	4	0,21	4	0,02	0,52
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	2	0,1	2	0,12	0,51
<i>Dendropanax monogynus</i> (Vell.) Seem.	Araliaceae	4	0,21	4	0,01	0,51
<i>Maytenus schumanniana</i> Loes.	Celastraceae	1	0,05	1	0,18	0,5
<i>Myrtaceae</i> sp.1	Myrtaceae	3	0,16	3	0,06	0,49
<i>Symplocos estrellensis</i> Casar.	Symplocaceae	3	0,16	3	0,02	0,41
<i>Chrysophyllum</i> sp.	Sapotaceae	2	0,1	2	0,08	0,41
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	Sapotaceae	1	0,05	1	0,13	0,41
<i>Hymenolobium janeirensis</i> Kuhlmann	Fabaceae	3	0,16	3	0,02	0,4
<i>Ocotea</i> aff. <i>Teleiandra</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	3	0,16	3	0,01	0,38
<i>Campomanesia phaea</i> (O. Berg) Landrum	Myrtaceae	1	0,05	1	0,11	0,37
<i>Cecropia ulei</i> Snethl	Urticaceae	2	0,1	2	0,04	0,33
<i>Ficus luschnathiana</i> Miq.	Moraceae	2	0,1	2	0,04	0,32
<i>Tibouchinia pulchra</i> Cogn.	Melastomataceae	1	0,05	1	0,09	0,31
<i>Piper cernuum</i> Vell.	Piperaceae	4	0,21	1	0,01	0,3
<i>Ocotea venulosa</i> (Nees) Baitello	Lauraceae	2	0,1	2	0,03	0,3
<i>Allophylus petiolatus</i> Radlk.	Sapindaceae	2	0,1	2	0,02	0,29
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	Lauraceae	2	0,1	2	0,02	0,28
<i>Cocoloba striata</i> Benth.	Poligonaceae	2	0,1	2	0,02	0,28
<i>Myrtaceae</i> sp.2	Myrtaceae	2	0,1	2	0,02	0,28
<i>Rudgea vellerea</i> Mull. Arg.	Rubiaceae	2	0,1	2	0,02	0,28
<i>Ocotea silvestres</i> Vattimo-Gil	Lauraceae	2	0,1	2	0,01	0,27
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Cunoniaceae	1	0,05	1	0,07	0,27
<i>Inga sellowiana</i> Benth.	Fabaceae	2	0,1	2	0,01	0,26
<i>Campomanesia guaviroba</i> (C.C.) Keaersk	Myrtaceae	2	0,1	2	0,01	0,26
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	Lauraceae	2	0,1	2	0,01	0,26
<i>Calyptranthes guianensis</i> Willd.	Myrtaceae	2	0,1	2	0,01	0,26



Apêndice 2.

(Conclusão)

Espécies	Família	NInd	RelDe	NAm	AbsDo	IVI
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Sapindaceae	2	0,1	2	0,01	0,26
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Bignoniaceae	1	0,05	1	0,06	0,25
<i>Tibouchinia arborea</i> Cogn.	Melastomataceae	1	0,05	1	0,05	0,23
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S. Conant	Cyatheaceae	2	0,1	1	0,02	0,22
<i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	1	0,05	1	0,04	0,21
<i>Eugenia</i> sp.1	Myrtaceae	2	0,1	1	0,02	0,21
<i>Tontelea leptophylla</i> A. C. Sm.	Celastraceae	1	0,05	1	0,02	0,17
<i>Trigynaea oblongifolia</i> Schlttdl.	Annonaceae	1	0,05	1	0,02	0,16
<i>Brosimum acutifolium</i> Huber	Moraceae	1	0,05	1	0,01	0,15
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	Olacaceae	1	0,05	1	0,01	0,14
<i>Ilex theezans</i> Mart.	Aquifoliaceae	1	0,05	1	0,01	0,14
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	Arecaceae	1	0,05	1	0,01	0,14
<i>Ocotea spectabilis</i> (Meisn.) Mez	Lauraceae	1	0,05	1	0,01	0,13
<i>Duguetia lanceolata</i> A. St. - Hil.	Annonaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Miconia budlejoides</i> Triana	Melastomataceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Zygia latifolia</i> var. <i>glabrata</i> Barneby & J.W. Grimes	Fabaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Picramnia ciliata</i> Mart.	Picramniaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Ocotea</i> aff. <i>lancifolia</i> Mart.	Lauraceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Malouetia arborea</i> (Vell.) Miers	Apocynaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Ilex amara</i> (Vell.) Loes.	Aquifoliaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf.	Cyatheaceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Rhodostemonodaphne macrocalyx</i> Rohwer ex Madriñán	Lauraceae	1	0,05	1	0	0,13
<i>Myrcia splendens</i> Sw. CD.	Myrtaceae	1	0,05	1	0	0,13
Total		1.768	92,42	1.383	42,76	279,16



Ilhas ameaçadas com o desflorestamento: análise da fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, Brasil

Islands threatened with deforestation: analysis of forest fragmentation on the Island of Cotijuba, Belém, Pará, Brazil

Elias Klelington da Silva¹  | Arlete Silva de Almeida^{II}  | Luana Helena Oliveira Monteiro Gama^I 

^IUniversidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

^{II}Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, Brasil

Resumo: A região insular de Belém, composta por 42 ilhas, perpassa por mudanças em sua paisagem, vinculadas principalmente pela ação antrópica. Destaca-se, nesse cenário, a fragmentação florestal, um processo contínuo na região amazônica e que é desencadeada principalmente pela ausência de políticas que garantam a conservação ambiental. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo mapear e analisar o processo de fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, empregando métodos consolidados para mensurar a perda de vegetação e analisar os pequenos fragmentos florestais que ainda podem servir de corredores ecológicos para a manutenção da biodiversidade. Foi utilizada imagem de satélite SENTINEL-2 produzida no ano de 2018, aplicando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e a aplicação das métricas de paisagem. Os resultados apontam que aproximadamente 50% da ilha encontram-se alterados, com áreas de florestas degradadas, secundárias e solo exposto. Nota-se que, apesar de possuir apenas 42,72% de fragmentos florestais preservados e 21,24% de florestas degradadas, a área de estudo possui condições favoráveis para a elaboração de um plano de manejo, com ações voltadas à criação de corredores ecológicos e ao desenvolvimento do ecoturismo.

Palavras-chave: Métricas de paisagem. Uso da terra. Ecoturismo.

Abstract: The island region of Belém, made up of 42 islands, is undergoing changes in its landscape that are connected mainly by anthropic action. In this scenario, forest fragmentation stands out, which is a continuous process in the Amazon region, triggered mainly by the absence of policies that guarantee environmental conservation. In this sense, the present study aims to map and analyze the forest fragmentation process of Cotijuba Island, Belém, Pará, Brazil, using consolidated methods to measure the loss of vegetation and analysis of small forest fragments, which can still serve as ecological corridors for maintaining biodiversity. Satellite image SENTINEL-2 from the year 2018 was used, applying geoprocessing and remote sensing techniques and the application of landscape metrics. The results show that approximately 50% of the island is altered, with areas of degraded, secondary forests and exposed soil. It should be noted that despite having only 42.9% preserved forest fragments and 21.24% degraded forests, the area of study has favorable conditions for the development of a management plan with actions aimed at creating ecological corridors and developing ecotourism.

Keywords: Landscape metrics. Land use. Ecotourism.

Silva, E. K., Almeida, A. S., & Monteiro Gama, L. H. O. (2021). Ilhas ameaçadas com o desflorestamento: análise da fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 203-213. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.467>.

Autor para correspondência: Elias Klelington da Silva. Tv. Dr Eneas Pinheiro, 368. Belém, PA, Brasil. CEP 66083-156. (klelington@gmail.com).

Recebido em 19/01/2021

Aprovado em 05/04/2021

Responsabilidade editorial: Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmento



INTRODUÇÃO

O desmatamento tem estimulado o processo de fragmentação florestal, provocando mudanças na paisagem. Esse processo é resultado dos inúmeros usos e manejos da cobertura da terra ligados a atividades antrópicas, ocasionando perda de biodiversidade e criação de manchas florestais de inúmeros tamanhos, formando verdadeiros mosaicos na paisagem (Metzger & Simonetti, 2003).

A região amazônica, desde meados do século XX, apresenta usos da terra interligados ao progresso socioeconômico que desencadearam perdas significativas de áreas florestadas a partir da “ocupação e modernização do território” (Becker & Egler, 2006). O estado do Pará possui elevadas taxas de desmatamento ligadas principalmente à expansão das fronteiras agrícola, mineral e de rebanho bovino. Villela e Bueno (2017) apontam que as duas regiões que apresentaram maiores taxas de desmatamento no estado, no ano de 2014, foram as do sudeste paraense (53,24%) e do nordeste paraense (18,25%), sendo as ações ligadas à expansão da soja as principais desencadeadoras da perda de ambientes florestais nessas regiões.

A região insular do município de Belém, composta por 42 ilhas guajarinhas, está inserida no estuário amazônico e abrange uma área de 332,04 km². Sua paisagem é composta por ambientes terrestres e hídricos, com canais, lagos, igarapés, áreas de várzea e de terra firme. A fauna e flora possuem salutar importância ao seu equilíbrio ambiental, servindo também como fontes de subsistência à população local deste arquipélago (Nahum & Rocha, 2015). No entanto, em decorrência de inúmeros usos e ocupações da terra, apresenta estágios de fragmentação florestais significativos.

A Cartilha de Zoneamento Econômico e Ecológico das ilhas de Belém (Nahum & Rocha, 2015) aponta que as ilhas de Mosqueiro e Cotijuba tiveram 36% e 40%, respectivamente, de suas florestas substituídas por atividades agropecuárias e usos urbanos. Não obstante, vale destacar que o avanço do desmatamento neste arquipélago

não se apresenta de forma homogênea, pois suas ilhas não são constituídas pelas mesmas dinâmicas físicas e sociais. As ilhas do Cumbu e das Onças, por exemplo, apresentam 96% e 94% de suas áreas verdes preservadas.

A ilha de Cotijuba, área de estudo da presente pesquisa, apresentou nos últimos decênios um processo de perdas de áreas verdes significativas, principalmente por ações ligadas a atividades turísticas a partir da década de 90 (Bello & Hüffner, 2014). Neste entendimento, alternativas são projetadas e aplicadas, com o intuito de mitigar esses problemas, como a implementação do ecoturismo e corredores ecológicos, que podem estimular a conservação do meio ambiente e auxiliar na geração de fonte de renda para a comunidade local.

Partindo dessa premissa, o presente estudo tem como objetivo mapear e analisar o processo de fragmentação florestal da ilha de Cotijuba, Belém, Pará, a fim de verificar se essas áreas estão aptas a servirem de corredores ecológicos e também para a aplicação de boas práticas de turismo de natureza.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A ilha de Cotijuba corresponde à terceira maior ilha em dimensão territorial do arquipélago belenense, possuindo área de 16 km² e aproximadamente 10 mil habitantes (Nahum & Rocha, 2015; Borges, 2014). É circundada pela baía do Marajó a oeste, baía de Santo Antônio a norte e furo do Mamão a leste e sul. Localizada nas coordenadas 1° 15' 30" S e 48° 33' 30" W, pertence ao Distrito Administrativo de Outeiro (DAOOUT), do município de Belém, estando subdividida em duas macrozonas, a saber: Macrozona do Ambiente Urbano (MZAU), situada nas zonas oeste e sul, e Macrozona do Ambiente Natural (MZAN), situada na zona norte e leste da ilha (Lei n. 8.655, de 13 de janeiro de 2008). O nome da ilha tem origem no Tupi-Guarani, significando trilha dourada, o que remete à coloração do seu solo arenoso. Possui nove praias: Farol, Saudade,

Amor, Praia Funda, Fleixeira, Vai Quem Quer, Pedra Branca, Poção e Fazendinha (Figura 1). A Tabela 1 apresenta algumas características das diferentes localidades na ilha.

Quanto à infraestrutura, a ilha de Cotijuba possui iluminação em poucas ruas e o abastecimento de água é obtido por meio de uma caixa d'água ou através de poços artesanais com rasa captação; os serviços sanitários são inexistentes (Nahum & Rocha, 2015). O acesso ocorre por via fluvial, a partir do trapiche do distrito de Icoaraci, localizado no município de Belém. De acordo com a lei municipal 7.768/95, de 02 de outubro de 1995, é vedada a circulação de veículos automotores na ilha, exceto os que prestem serviços de saúde, proteção policial e de produção e escoamento agrícola.

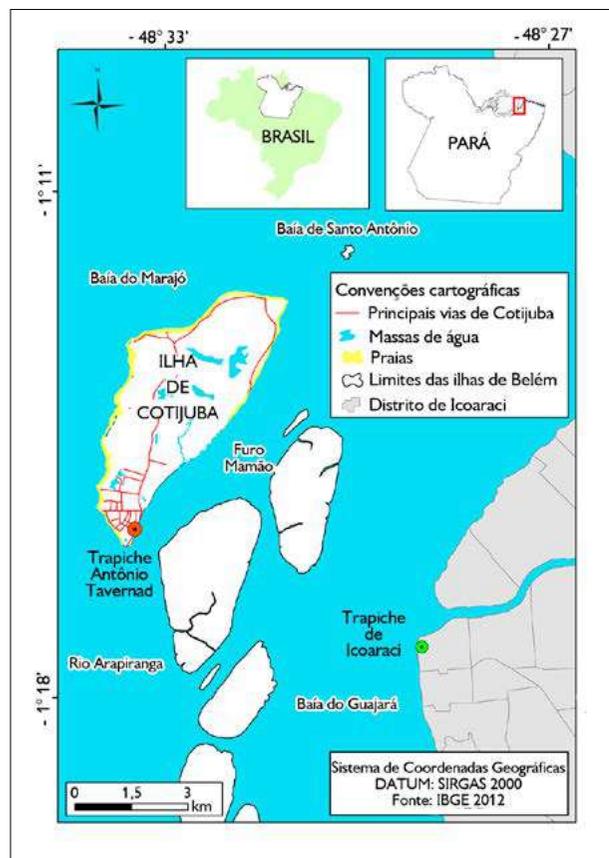


Figura 1. Cotijuba, Belém, Pará: localização em relação às ilhas e ao trapiche de Icoaraci, Belém, Pará, 2020. Mapa: elaborado pelos autores (2020).

O trabalho de campo foi realizado objetivando o reconhecimento e a validação do mapeamento da cobertura vegetal e do uso da terra, assim como foram feitas observações das condições ambientais das praias. A execução dessa etapa contou com um Sistema de Posicionamento Global (GPS), para coleta de pontos das trilhas percorridas, câmera fotográfica, para registros das classes de uso e cobertura identificadas, planilha de campo, para coleta de informações, e um drone DJI Phantom 4 Pro, para fazer levantamento aéreo de locais de difícil acesso.

PROCEDIMENTOS DIGITAIS

Utilizou-se a imagem Sentinel-2 do dia 15/06/2018 ortorretificada, adquirida no banco de dados da USGS (2019), resolução espacial de 10 m, combinação de bandas RGB (4,3,2). A partir do polígono da ilha de Cotijuba, que se encontra na base municipal de Belém (IBGE, 2012), foi realizado o recorte da imagem de satélite Sentinel-2 e fez-se a mudança no sistema de coordenadas para SIRGAS 2000/Zona 22S.

Dois processamentos foram realizados para classificação, sendo a classificação não supervisionada e a classificação supervisionada adquiridas através do algoritmo Máximo Verossimilhança (*MaxVer*). Na classificação não supervisionada, adotou-se o mínimo de cinco classes e máximo de dez, com cinco interações, utilizando o algoritmo ISODATA. A partir disso, fez-se a combinação de classes, interpolando os pixels com mesma resposta espectral (Almeida & Vieira, 2014). Este processamento serviu para uma primeira leitura das classes de usos da terra e cobertura vegetal.

Em seguida, foi realizada a classificação supervisionada através do algoritmo *MaxVer*, que se baseia nas informações obtidas no trabalho de campo para a identificação das classes mapeadas. Nery et al. (2013) destacam esse método como o mais indicado para classificação supervisionada. Para as classes que apresentaram respostas ambíguas, foi utilizada a extensão *Classedit*.

Tabela 1. Principais características das praias e dos locais com maior frequência de turistas e moradores na ilha de Cotijuba, Belém, Pará, 2020.

Pontos	Características
Praia do Vai Quem Quer	Turismo consolidado, infraestrutura de apoio ao turismo, áreas com baixa presença de resíduo sólido. Indicativo de erosão na encosta da praia
Praia da Flexeira	Praia isolada, presença limitada de áreas comerciais. Sem presença visível de resíduo sólido. Uma das atividades realizadas neste local é a pesca
Pedra Branca	Acesso difícil devido à falta de infraestrutura. Apresenta fragmentos florestais e elevado índice erosivo
Praia do Poção	Áreas alagadas, com presença de agricultura de subsistência ligada à piscicultura. Grande volume de resíduos sólidos
Praia Fazendinha	Acesso limitado, restrito a moradores dessa comunidade
Praia Funda	Presença de comércio voltado para o turismo. O processo erosivo é evidenciado ao longo da praia
Praia da Saudade	Atividade econômica voltada ao turismo e à pesca. Presença moderada de resíduo sólido
Praias do Amor e Farol	Atividade econômica fortemente voltada ao turismo. Presença moderada de resíduo sólido nas praias
Trapiche	Área urbana consolidada, com presença de vias pavimentadas. Atividade econômica fortemente voltada para o turismo, com presença acentuada de resíduos sólidos, geralmente depositados às margens do furo do Mamão. Os meios de transporte que ficam à disposição dos turistas e moradores são moto-charretes, motocicletas, bicicletas e animais de tração (cavalo)

A validação da qualidade da classificação contou com uma matriz de erro, obtida pelo cruzamento dos dados de campo com informações do mapa de classificação, que gerou o índice de Kappa (Tabela 2). Este índice apresenta valores de 0 a 1 para informar a veracidade do mapeamento. Quanto mais o resultado se aproxima de 1, melhor a qualidade da classificação (Hudson & Ramm, 1987). Os procedimentos foram realizados no programa ENVI, versão 5.1.

PROCEDIMENTOS DAS MÉTRICAS DE PAISAGEM

Para Gomes Rocha (2001), a quantificação da paisagem através de métricas desta natureza é analisada em três níveis: resolução individual das manchas, escala das classes de manchas e escala da paisagem como um todo. Farina (2000) especifica que algumas métricas quantificam a composição, representando a variedade e a abundância de fragmentos, e outras quantificam a configuração, estando relacionadas à forma e à posição dos elementos na paisagem.

Neste entendimento, a análise da estrutura da paisagem da ilha de Cotijuba foi direcionada pelo nível da resolução individual das manchas, ou seja, os polígonos

dos fragmentos de floresta ombrófila densa (floresta primária) foram extraídos do mapa de cobertura vegetal e uso da terra.

Gerado o arquivo vetorial de floresta primária, foi aplicada a extensão *Partch Analys* do programa ArcGis, versão 10.1, que calculou as métricas: área total da mancha (CA), maior fragmento da classe (LPI), perímetro da borda (TE), densidade de bordas (ED), área total da paisagem, a partir da soma de todas as manchas (TLA), indicador médio de forma (MSI) e dimensão média da mancha (MPFD). A especificação de cada uma dessas métricas pode ser observada na Tabela 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA

Foram extraídas seis classes de uso e cobertura da terra (Figura 2), a saber: floresta primária, floresta degradada, floresta secundária, solo exposto, praias e lagos (Tabela 4). A classificação, de acordo com o Índice Kappa correspondeu a 0.96, com um desempenho satisfatório. O resultado reflete número suficiente de amostras utilizadas para a classificação.

A floresta primária (ombrófila densa) ocupa cerca de 42% da área de estudo, com prevalência nas áreas a norte e leste de Cotijuba. Esse tipo de vegetação possui características que estão diretamente ligadas a fatores climáticos tropicais, com elevadas temperaturas e altas precipitações (IBGE, 2012). Em pesquisa realizada por Almeida (2015) na mesorregião do nordeste paraense, especificamente no município de Moju, foi constatado que a floresta primária alcançou valores próximos a 30%, o que caracteriza perda de cobertura em patamares críticos para a prestação de serviços ambientais e manutenção da biodiversidade. Mesmo com valores de 42,74% de floresta primária na ilha de Cotijuba, há uma preocupação, visto que é uma ilha de 16 km² e mais da metade da floresta original já foi comprometida, não havendo plano para

a conservação. Bello e Hüffner (2014) apontam que as principais causas para a perda da cobertura vegetal da ilha correspondem a: (a) falta de atuação do governo no combate ao desmatamento; (b) forte influência do turismo; (c) desvalorização da terra com ocupação em áreas verdes; (d) falta de fiscalização referente às ações que promovam a educação ambiental e a preservação local.

A floresta degradada está presente em 21,24% de área e é caracterizada pela exploração seletiva de árvores que possuem valor comercial, bem como pela exploração do solo para a retirada de areia para a indústria de construção civil. Para Lamb & Gilmour (2003), a floresta degradada é aquela que sofre processos que alteram sua paisagem, como as queimadas, que ocasionam danos à cobertura florestal, afetando suas estruturas e funções. G. Guerra (2015)

Tabela 2. Valores e qualidade do índice Kappa. Fonte: Hudson & Ramm (1987).

Kappa	Qualidade
< 0,00	Péssima
0,00-0,20	Ruim
0,21-0,40	Razoável
0,41-0,60	Boa
0,61-0,80	Muito boa
0,81-1,00	Excelente

Tabela 3. Métrica da estrutura de paisagem de área, borda e forma. Fonte: adaptado de Mcgarigal & Marks (1995).

Categoria	Abreviatura	Significado	Unidade	Fórmula
Área	CA	Soma das áreas dos fragmentos de cada classe	m ² ou ha	
	LPI	Porcentagem ocupada pelo maior fragmento da classe	%	
Bordas	TE	Soma de todas as bordas da classe – equivale ao somatório dos perímetros	M	
	ED	Densidade de bordas com relação à área da classe ou paisagem – TE dividido pela área total. Maior valor implica maior efeito de borda	m/m ²	TE/TLA
Forma	MSI	É a soma de TE dividida pelo quadrado de CA. Quanto mais próximo de 1 for o valor, mais parecida a forma da mancha é com um círculo	m ²	TE/CA ²
	MPFD	Expressa a complexidade de forma da mancha, sendo que valores próximos de 1 representam perímetros simples e valores próximos de 2 indicam perímetros complexos, baseados na forma	m ²	



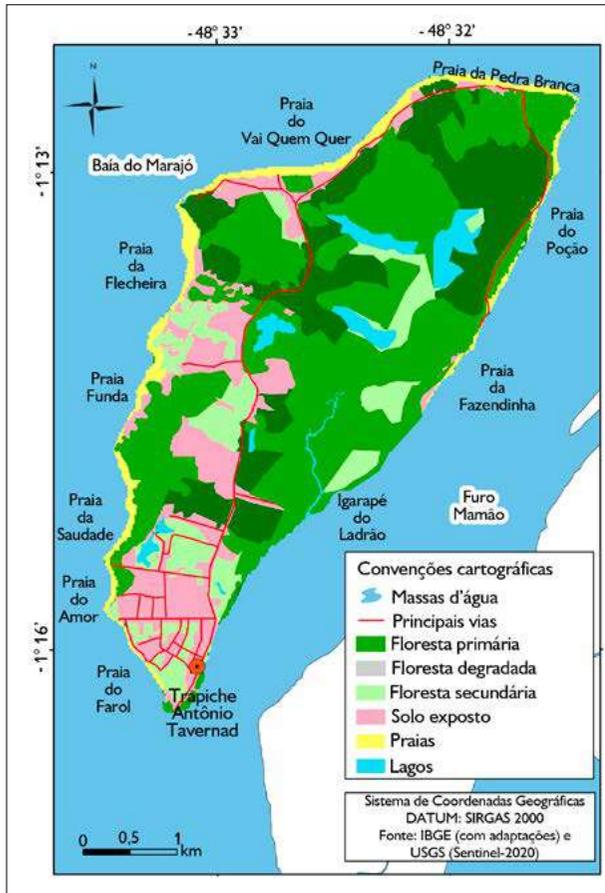


Figura 2. Cotijuba, Belém, Pará: classes de uso e cobertura da terra em relação ao ano de 2020. Mapa: elaborado pelos autores (2020).

alude que os indicadores de desmatamento na ilha estão relacionados à retirada da madeira voltada às atividades extrativistas, acarretando perda da biodiversidade no local e comprometendo as questões ambientais da região.

A floresta secundária ocupa 9,26% da área e surge após a floresta primária ter sofrido corte raso, por exemplo. Após o abandono, estas áreas passam a ter formação de bosques, chegando, com o passar dos anos, a apresentar funções relevantes no ambiente, auxiliando na manutenção da biodiversidade e fertilidade do solo (IBGE, 2012). No estado do Pará, é marcante a substituição de floresta primária por pastagens plantadas e cultivos agrícolas, o que tem levado ao surgimento de

florestas secundárias em áreas abandonadas (Vieira & Gardner, 2012).

Já o solo exposto apresentou cerca de 16,29%, o que equivale a 2,61 km² de áreas ocupadas, em sua maioria, pela urbanização ou por atividades de produção agrícola de ciclo curto. Na ilha de Cotijuba, a atividade agrícola é encontrada principalmente nas comunidades Flecheira e Praia Funda, e supre o comércio de Cotijuba e do distrito de Icoaraci, em Belém, Pará.

Devido às praias, que são um atrativo para a ilha, uma das atividades mais intensas nos últimos decênios corresponde a atividades turísticas, principalmente em altas temporadas, como nos meses de janeiro e julho. A classe de praias corresponde a 6,25% da área e constitui-se em corpos arenosos de formações estuarinas, cuja origem depende de fatores locais, como ações físicas (influência de correntes de maré, alteração da linha de costa) e antrópicas. Segundo França & Souza Filho (2006), as praias estuarinas apresentam mudanças mais lentas quando comparadas às praias oceânicas, esse fato se dá em virtude de sofrerem mudanças locais capeadas pelo estuário. Das nove praias existentes na ilha, duas não apresentam atividades turísticas evidentes, Poção e Fazendinha.

A classe dos lagos está presente em 4,23% de área, que equivale a 0,68 km². São lagos que periodicamente são inundados no inverno e no período seco sofrem assoreamento, com dominância de gramíneas (Borges, 2014). Ocorrem em área com depressões no solo (A. Guerra, 1987), sendo encontrados nas comunidades Farol Velho, Vai Quem Quer e vila do Poção. Segundo o IBGE (2013), o uso da terra corresponde a uma série de operações desenvolvidas pelo homem, com o objetivo de obter produtos e benefícios através do consumo dos recursos da terra, com enfoque socioeconômico e ambiental. A forma pela qual a cobertura da terra de um determinado ambiente é utilizada pode indicar o grau de degradação que um dado uso pode estar acarretando. Com isso, esta classificação pode demonstrar a atuação de distintos agentes e de variados interesses socioeconômicos.

Tabela 4. Classes de uso e cobertura da terra apresentadas em km² e % para o ano de 2018.

Classes	Área	
	km ²	%
Floresta primária	6,84	42,74
Floresta degradada	3,40	21,24
Floresta secundária	1,48	9,26
Solo exposto	2,61	16,29
Praias	1,00	6,25
Lagos	0,68	4,23
Total	16,00	100,00

ESTRUTURA DA PAISAGEM

Foram encontrados 12 fragmentos (Figura 3) que quantificam 42,9% da área de estudo, ou seja, cerca de 683,9 ha de floresta primária. A Figura 3 apresenta a localização e a dimensão de área ocupada por cada fragmento florestal. Os fragmentos foram divididos em três categorias de análise: pequenos ≤ 5 ha; médios de $5 < 50$ ha e grandes ≥ 50 ha.

Observa-se que, na parte central, está um grande fragmento extremamente misturado entre áreas maiores e corredores florestais, formando uma só classe, ressaltando-se que outros fragmentos acima de 50 ha se encontram ao noroeste da ilha, enquanto os fragmentos abaixo de 5 ha estão em sua totalidade a oeste e sul. Segundo J. Pereira et al. (2001), a métrica de área é a base para a análise integrada da paisagem, pois é utilizada pelas demais a partir da quantificação de sua composição.

Os fragmentos médios foram os que apresentaram maior número de manchas (seis), seguidos pelos de tamanho grande (quatro) e pequeno (dois). Destaca-se que os fragmentos se distribuem de forma heterogênea e as manchas com maiores valores de CA possuem perímetro (TE) com maior representatividade. Isso se reflete nos valores de MSI, pois as manchas florestais possuem formas variáveis, com os fragmentos de maiores perímetros possuindo formas mais alongadas.



Figura 3. Cotijuba, Belém, Pará: localização dos fragmentos florestais representando as três categorias analisadas, 2020. Mapa: elaborado pelos autores (2020).

Quando considerados os fragmentos pequenos (≤ 5 ha), foi observado que o tamanho varia entre 1 a 5 ha, aproximadamente, com densidade de borda (ED) de 0,0001 (fragmento 5) e 0,0002 (fragmento 12) m/m^2 . Estes fragmentos menores apresentam o indicador médio de forma de 1,18 e 2,29, respectivamente, e média complexidade de forma (MPFD) de 1,25 e 1,39 (Tabela 5). Riboldi et al. (2017) destacam que, quanto mais um valor de MPFD se aproxima de 1, menor será a complexidade e, quanto mais os valores forem próximos de 2, maior será a complexidade do perímetro.

Observa-se que os fragmentos médios ($5 \leq 50$) estão distribuídos nas comunidades Vai Quem Quer, Flecheira, Pedra Branca e vila do Poção. Vale ressaltar que a comunidade Pedra Branca é a que possui 68,35 ha do total dos fragmentos médios, onde os dois fragmentos situados nesta área apresentam densidade de borda (ED) de 0,0004 e 0,0006 m/m^2 , respectivamente (Tabela 5).

Os quatro grandes fragmentos (maiores ou iguais a 50 ha) analisados variam entre 60,02 a 289,39 ha,

somando 480,31 ha nesta categoria. O maior fragmento da paisagem presente em Cotijuba possui 289,39 ha, o que equivale a 42,37% do total de fragmentos, estando localizado na parte central da ilha, entre as comunidades Vai Quem Quer, Praia Funda e vila do Poção. Vale ressaltar que este apresenta maior irregularidade de sua forma (MSI 4,33) e elevada complexidade em seu entorno (MPFD - 1,36) (Tabela 5). Esta grande mancha situa-se em maior quantidade na vila do Poção, onde estão localizadas as praias Poção e Fazendinha, os lagos e o igarapé do Ladrão.

A análise do perímetro de borda (TE) se faz necessária no entendimento da vulnerabilidade de cada fragmento, pois, quanto menor o perímetro desse fragmento, mais o núcleo vai estar exposto, o que o torna suscetível à perda da biodiversidade (Riboldi et al., 2017). Autores comungam da ideia de que o efeito de borda exerce grande influência na qualidade ambiental do fragmento por afetar fatores bióticos e abióticos da estrutura da paisagem (Harper et al., 2005; Hardwick et al., 2015; Laurance et al., 2017).

Tabela 5. Métricas de paisagem da ilha de Cotijuba, Belém, Pará.

Fragmento	Métrica de forma		Métrica de borda		Métrica de tamanho	
	CA (ha)	LPI (%)	TE (m)	ED (m/m^2)	MSI	MPFD
1	22,76	3,33	3.083,14	0,0004	1,83	1,30
2	45,59	6,67	4.298,37	0,0006	1,80	1,28
3	100,67	14,73	6.821,36	0,0010	1,92	1,27
4	60,02	8,78	4.109,94	0,0006	1,49	1,25
5	4,72	0,69	906,39	0,0001	1,18	1,26
6	10,52	1,54	3.473,62	0,0005	3,03	1,41
7	33,57	4,91	3.256,23	0,0004	1,59	1,27
8	96,51	14,13	9.106,00	0,0013	2,62	1,32
9	6,97	1,02	2.397,33	0,0003	2,57	1,39
10	289,39	42,37	26142	0,0040	4,33	1,36
11	9,30	1,36	1.281,11	0,0001	1,19	1,25
12	3,75	0,54	1.570,13	0,0002	2,29	1,39



Em Cotijuba, a mancha de maior área (289,39 ha) apresenta a densidade de borda mais elevada (0,040). No entanto, vale ressaltar que, quanto maior a densidade da borda, maior é a tendência de uma classe apresentar maior número de manchas, acarretando efeitos de bordas danosos, aumento este que expõe essa paisagem a degradações (M. Pereira et al., 2007). Almeida et al. (2020) destacaram a relação inversamente proporcional entre a diminuição do tamanho dos fragmentos e o aumento da densidade de manchas, causando o isolamento das florestas e, em consequência disso, alto grau de degradação ambiental.

As manchas menores dos remanescentes florestais estão próximas às áreas com maior atividade turística, apontando que possivelmente essas áreas foram desmatadas para atender a essa dinâmica, ou seja, dependendo da abrangência dessa intervenção, o ambiente tornar-se-á suscetível a danos ambientais. Rodrigues & Nascimento (2006) entendem que a transformação da paisagem gera nichos de vários tamanhos, apresentando-se como um arquipélago de florestas.

No extremo norte da ilha, está localizada a comunidade Pedra Branca, que abriga dois dos fragmentos médios e apresenta um intenso processo de erosão, desencadeado pela perda de árvores para extração de madeira, além da prática de retirada de rochas e areia destinada à construção civil. A ocupação desordenada, assim como atividades de extração mineral sem o manejo adequado, está afetando a qualidade ambiental da ilha, visto que essas atividades foram construídas em áreas florestadas. A ocupação desordenada e a falta de medidas regulatórias por parte do poder público levam à escassez de gestão do território, tanto na escala estadual quanto, principalmente, na escala municipal.

Dessa forma, o ecoturismo é uma das alternativas à conservação do meio ambiente na ilha, pois entende que o ambiente não deve ser transformado para atender às expectativas dos visitantes, ou seja, o ambiente deve ser preparado para a experiência da visitação (Ferreira, 2002).

Ademais, os fragmentos florestais analisados apresentaram potencial para formar corredores ecológicos,

visto que o comprometimento das unidades, ou manchas inseridas na paisagem, ocorre quanto menor for o tamanho do fragmento florestal. Assim, os corredores ecológicos, em consonância com ecoturismo, podem ser utilizados como bases para o planejamento em busca de soluções aos problemas ambientais, incentivando a sustentabilidade dos recursos naturais e a conservação da fauna e da flora, a partir da participação sustentável da população local.

CONCLUSÕES

A ocupação da ilha de Cotijuba é uma válvula de escape para a expansão do grande centro urbano, povoada sem a mínima infraestrutura, seja econômica, social ou política. O aumento populacional na ilha acaba por pressionar os ambientes florestais, no sentido de a floresta se tornar uma fonte de renda familiar.

As métricas de paisagem possibilitaram a compreensão da dinâmica dos remanescentes florestais, ao demonstrarem que o processo de fragmentação foi desencadeado a partir da intensificação do uso da terra para atender uma dinâmica turística, em virtude dos menores fragmentos estarem localizados próximos às praias mais frequentadas pelos turistas. Por outro lado, a mancha de maior extensão localiza-se ao leste da ilha, indicando que a preservação local ocorre quanto mais difícil for o acesso à área, já que as praias presentes neste setor não possuem fluxo turístico.

Não obstante, é importante destacar que, próximo aos ambientes menos frequentados por turistas, ocorre intensa exploração florestal, acarretando grandes manchas de florestas degradadas. Dessa forma, ecoturismo, em consonância com os corredores ecológicos, é uma alternativa quanto à proteção dos ambientes, na medida em que ambos se utilizam dos recursos naturais e culturais de determinada área, de forma racional, além de promover o bem-estar da população local e o respeito à natureza, através do contato com o meio ambiente natural.

Nesse sentido, a partir da concepção ecoturística, visando preservar a cultura de Cotijuba, propõe-se que

o município deva promover planejamentos e projetos, a exemplo do roteiro Geo-Turístico de Belém, que estimule a visitação turística, apresentando o processo de formação histórico e cultural. Tais medidas promoverão a geração de emprego e renda à população local.

Outra questão aqui exposta é a criação dos corredores ecológicos, para restabelecer o contato entre as remanescentes florestais existentes na ilha, assim como a recuperação das áreas identificadas como florestas degradadas. Esse procedimento possibilitará a formação de uma grande mancha florestal.

Conclui-se que essas ações só serão possíveis a partir da efetivação de uma política conjunta entre os órgãos estaduais e municipais, no sentido de ser produzido um plano de manejo, entre outras ações necessárias para que a ilha seja constituída verdadeiramente como uma Área de Proteção Ambiental (APA).

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), da Universidade Federal do Pará (UFPA), e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado a E. K. L. R. Silva, e ao professor C. J. G. Gama Júnior, pela tradução literal do resumo em língua inglesa.

REFERÊNCIAS

Almeida, A. S., & Vieira, I. C. G. (2014). Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. *Revista Ambiente & Água*, 9(3), 477-487. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1410>

Almeida, A. S. (2015). *Mudanças de uso da terra em paisagens agrícolas com palma de óleo (Elaeis guineensis Jacq.) e implicações para a biodiversidade arbórea na Amazônia Oriental* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi/ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém].

Almeida, A. S., Vieira, I. C. G., & Ferraz, S. F. (2020). Long-term assessment of oil palm expansion and landscape change in the eastern Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 90, 104321. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104321>

Becker, B. K., & Egler, C. (2006). *Brasil: uma nova potência regional na economiamundo* (5 ed.). Bertrand Brasil.

Bello, L., & Hüffner, J. (2014). Análise dos impactos ambientais da expansão urbana na ilha de Cotijuba, Belém-Pa. *Caminhos de Geografia*, 13(44), 286-298. <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16723>

Borges, A. D. (2014). *Diagnóstico da geodiversidade da Ilha de Cotijuba: contribuições para a análise de implantação de infraestrutura e geoturismo* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará, Belém].

Farina, A. (2000). *Principles and methods in landscape ecology*. Kluwer Academic Publishers.

Ferreira, L. F. (2002). *Ecoturismo: visitar para conservar e desenvolver a Amazônia*. MMA-SCA.

França, C. F., & Souza Filho, P. W. M. E. (2006). Compartimentação morfológica da margem leste da ilha de Marajó: zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra, estado do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7(1), 33-42. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v7i1.58>

Guerra, A. T. (1987). *Dicionário geológico-geomorfológico* (7 ed.). IBGE.

Guerra, G. A. D. (2015). Eidorfe Moreira e o aspecto insular de Belém. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 10(3), 583-589. <https://doi.org/10.1590/1981-81222015000300004>

Gomes Rocha, J. (2011). *Modelagem de conhecimento e métricas de paisagem para identificar e analisar padrões espaciais em ambiente de caatinga* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife].

Hardwick, S. R., Toumi, R., Pfeifer, M., Turner, E. C., Nilus, R., & Ewers, R. M. (2015). The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. *Agricultural And Forest Meteorology*, 201, 187-195. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.010>

Harper, K. A., Macdonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brosofske, K. D., . . . & Esseen, P.-A. (2005). Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19(3), 768-782. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x>

Hudson, W. D., & Ramm, C. W. (1987). Correct formulation of the kappa coefficient of agreement. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53(4), 421-422.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2012). *Manual técnico da vegetação brasileira*. IBGE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2013). *Manual técnico de uso da terra* (3 ed.) (Manuais Técnicos em Geociências, 7). Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão/IBGE.

- Lamb, D., & Gilmour, D. (2003). *Rehabilitation and restoration of degraded forests* (Issues in Forest Conservation). IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/FR-IS-005.pdf>
- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Fearnside, P. M., Lovejoy, T. E., Williamson, G. B., . . . & Laurance, S. G. W. (2017). An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. *Biological Reviews*, 93(1), 223-247. <https://doi.org/10.1111/brv.12343>
- Lei nº 7.768 (1995, outubro 2). Estabelece normas quanto a circulação de veículos motorizados na ilha de Cotijuba e dá outras providências. <https://cm-belem.jusbrasil.com.br/legislacao/582199/lei-7768-95>
- Lei n. 8.655 (2008, janeiro 13). Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém e dá outras providências. <https://leismunicipais.com.br/a/pa/b/belem/lei-ordinaria/2008/865/8655/lei-ordinaria-n-8655-2008-dispoe-sobre-o-plano-diretor-do-municipio-de-belem-e-da-outras-providencias>
- Mcgarigal, K & Marks, B. J. (1995) Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*. (351), 122. https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gr_351.pdf.
- Metzger, J. P., & Simonetti, C. (2003). *Conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas do Planalto Atlântico de São Paulo* [Relatório técnico de pesquisa, processo nº 99/05123-4, anexo 1]. FAPESP.
- Nahum, V. J. I., & Rocha, D. P. N. (2015). *Zonamento econômico e ambiental das ilhas do entorno de Belém* [Cartilha].
- Nery, C. V. M., Fernandes, F. H. S., Moreira, A. A., & Braga, F. L. (2013). Avaliação das técnicas de classificação Maxver, Maxver-ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(2), 320-328.
- Pereira, J. L. G., Batista, G. T., Thalês, M. C., Roberts, D. A., & Venturieri, A. (2001). Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. *Geografia*, 26(1), 59-90. <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1907>
- Pereira, M. A. S., Neves, N. A. G. S., & Figueiredo, D. F. C. (2007). Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. *Geografia*, 16(2), 5-24. <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/5492/0>
- Riboldi, L. C. O., Récio, L. V., Malfetoni, I. J., Ferreira, J. H. D., & Couto, E. V. (2017). Análise das métricas de ecologia de paisagem em fragmentos florestais no município de Salgado Filho/PR. *Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino*, 8(3), 177-185. <http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/view/1756>
- Rodrigues, P. J. F. P., & Nascimento, M. T. (2006). Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda. *Rodriguésia*, 57(1), 67-74. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200657105>
- U.S. Geological Survey (USGS). (2019). *Imagem de Satélite Sentinel-2*. https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Vieira, I. C. G., & Gardner, T. (2012). Florestas secundárias tropicais: ecologia e importância em paisagens antrópicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 7(3), 191-194. [http://editora.museu-goeldi.br/bn/introdu/cn_2012/cn_v7n3/introducao_florestas\(vieira\).pdf](http://editora.museu-goeldi.br/bn/introdu/cn_2012/cn_v7n3/introducao_florestas(vieira).pdf)
- Villela, R., & Bueno, R. S. (2017). A expansão do desmatamento no estado do Pará: população, dinâmicas territoriais e escalas de análise. *Anais do Congresso de la Asociación Latinoamericana de Población e Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, ABEP, Foz do Iguaçu. <http://www.abep.org.br/xxencontro/files/paper/614-308.pdf>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

E. K. Silva contribuiu com análise formal, aquisição de financiamento, conceituação, curadoria de dados, escrita (rascunho original), investigação, recursos e elaboração dos produtos cartográficos; A. S. Almeida com administração de projeto, metodologia, visualização e supervisão; e L. H. O. M. Gama com escrita (revisão e edição) e validação.

Differences in leaf litter usage as food sources, refuge, and foraging substrates by invertebrates in forest and grasslands in the eastern Amazon

Diferenças no uso da serapilheira como fonte de alimento, refúgio e substrato de forrageamento por invertebrados em floresta e pastagem na Amazônia oriental

Lucas Ferreira Colares 

Universidade Federal do Pará. Belém, Pará, Brasil

Abstract: Forest conversion into grassland changes the environment, microhabitat, and food availability. Leaf litter microhabitats change from complex leaf variety piles to nutrient-poor grass heaps. In this context, this work aimed to investigate how the invertebrate compositions in the forest and grassland leaf litters differ in litter usage. To achieve this goal, litterbag traps were placed in four secondary forest samples and four grassland samples from the eastern Amazon. After litter exposure, the species were morphotyped and classified according to leaf litter usage as food, refuge, or foraging substrates. Disturbance-sensible groups characterized the secondary forest, while disturbance-tolerant species characterized the grasslands. The proportion of individuals using litter as food in grasslands is almost twice that in the secondary forest, while the percentage of individuals using leaf litter as refuge is eighteen times higher in the forest than in the grasslands. It seems that predators forage in the leaf litter of the forest just as much as in grasslands. The greater proportion of invertebrates using litter as a refuge in the forest relates to the limiting space in the habitat. In turn, food availability is scarce in grasslands, so there is urgency in using litter as a food source in this case.

Keywords: Detritivores. Land use. Litterbags. Microhabitat. Predators.

Resumo: A conversão de florestas em pastagens modifica o ambiente e a disponibilidade de microhabitats e de recursos. A serapilheira muda de amontoados de folhas de espécies florestais para amontoados de gramíneas com baixo valor nutricional. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar como os invertebrados de serapilheira em floresta e pastagem se diferem com relação ao uso dessa serapilheira. Para isso, foram distribuídos quatro pacotes de serapilheira em amostras de floresta e quatro em pastagem na Amazônia oriental. Após o tempo de exposição, os invertebrados foram classificados em relação ao uso da serapilheira em espécies que a adotaram como comida, refúgio ou substrato de forrageamento. Os resultados da floresta indicaram comunidades de invertebrados sensíveis às modificações ambientais, enquanto pastagem, por invertebrados tolerantes. A proporção de indivíduos se alimentando da serapilheira foi duas vezes maior em pastagem. Porém, a proporção de indivíduos se refugiando na serapilheira foi 18 vezes maior na floresta. A mesma proporção de indivíduos utilizou a serapilheira como substrato de forrageamento nos dois ambientes. Maiores proporções de invertebrados refugiados em amostras de floresta devem-se à limitação de espaço no ambiente, enquanto, na pastagem, a disponibilidade de comida é menor, havendo, portanto, urgência em utilizar o recurso disponibilizado como fonte de alimento.

Palavras-chave: Detritívoros. Uso de terra. Pacotes de serapilheira. Microhabitat. Predadores.

Colares, L. F. (2021). Differences in leaf litter usage as food sources, refuge, and foraging substrates by invertebrates in forest and grasslands in the eastern Amazon. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 215-227. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.326>.

Corresponding author: Lucas Ferreira Colares. Federal University of Pará. Institute of Biological Sciences. Laboratory of Producer Ecology. Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá. Belém, PA, Brazil. CEP 66075-110 (lucascolares@gmail.com).

Recebido em 06/07/2020

Aprovado em 16/10/2020

Responsabilidade editorial: Débora Rodrigues Souza-Campana



INTRODUCTION

Forest conversion into land-use activities such as monoculture and pasture systems is one of the main threats to the Amazon (Malhi et al., 2008). In 2019, the region that accounts for at least a quarter of the world's terrestrial species showed a 30% increase in deforestation compared to 2018 (Malhi et al., 2008; PRODES, 2019). After the deforestation, the Amazon forest changes from a complex environment with a significant number of microhabitats (i.e., places for species to live or use as a refuge) and resources (i.e., organic material from where species may extract energy to live) to a simpler environment with harsher conditions and a smaller number of microhabitats and resources available (Lindsay & Cunningham, 2009; Ehlers Smith et al., 2017). With this change in vegetation, environmental conditions, microhabitats, and resource availability, the biological composition also changes (Andersen & Majer, 2004).

Specialist and disturbance-sensitive species that used to live in the forest environment can no longer support the new environmental conditions of the modified ambient and are replaced by generalist and disturbance-tolerant species, the ones that can support the new environmental conditions (Memmott et al., 2000; Andersen & Majer, 2004). Invertebrates account for at least 90% of the world's species. They are one of the biological groups that often present this composition change pattern, beyond being a significant part of Amazon's biological community (Andersen & Majer, 2004).

One of the significant sources of microhabitats and resources for invertebrates is the leaf litter that stands above the forest ground (Olson, 1994). Some species find the leaf litter attractive for its potential as a refuge for living in or a foraging substrate, such as ants that build their colonies in the leaf litter substrate and spiders looking for prey (Dobson, 1994; Queiroz et al., 2013). Other species are interested in the potential of leaf litter as a food source, like detritivore species such as mites and springtails, which degrade the leaves to extract energy for living (Richardson, 1992; Brückner et al., 2018).

This work aimed to investigate the changes in invertebrate composition that may occur after the conversion of forests to grasslands. The hypothesis was that the forest invertebrate composition would be different from that of the grasslands, with forests being characterized by disturbance-sensitive and specialist invertebrates concerning their environmental requirements and grasslands being characterized by disturbance-tolerant species that can live in harsh conditions. Moreover, the leaf litter usage by the invertebrates was determined based on morphospecies ecology. In forests, invertebrates would colonize by searching primarily for refuge since high-quality food is abundant in forest litter, so there should be no urgency for invertebrates to feed on the leaf litter provided in the habitat during the study (Richardson, 1992). However, space may be limited in the forest, which may increase the urgency to use litter as a refuge to hide from predators or build colonies (Richardson, 1992; Walls, 1995). Predators looking for forage substrates would also be more abundant in the forest litter since they are described as more diverse in forests (Moço et al., 2005). On the other hand, the leaf litter in grasslands would be colonized mainly by invertebrates looking forward to feeding on it since food sources are scarce in grasslands (Richardson, 1992; Xavier et al., 2011).

MATERIAL AND METHODS

STUDY AREA

This study was carried out in the School Farm of the Federal Rural University of the Amazon in Castanhal, Pará, Brazil, in the eastern Amazon (Figure 1). The farm area is a mosaic of land uses (from grasslands to agroforests), with secondary forest fragments preserved within the farm area for forty years. We sampled the invertebrate assemblage in four areas of secondary forest fragments and four areas of natural grassland, with the latter not having cattle and having been implemented since the inauguration of the farm forty years before, near lakes where pisciculture is developed.

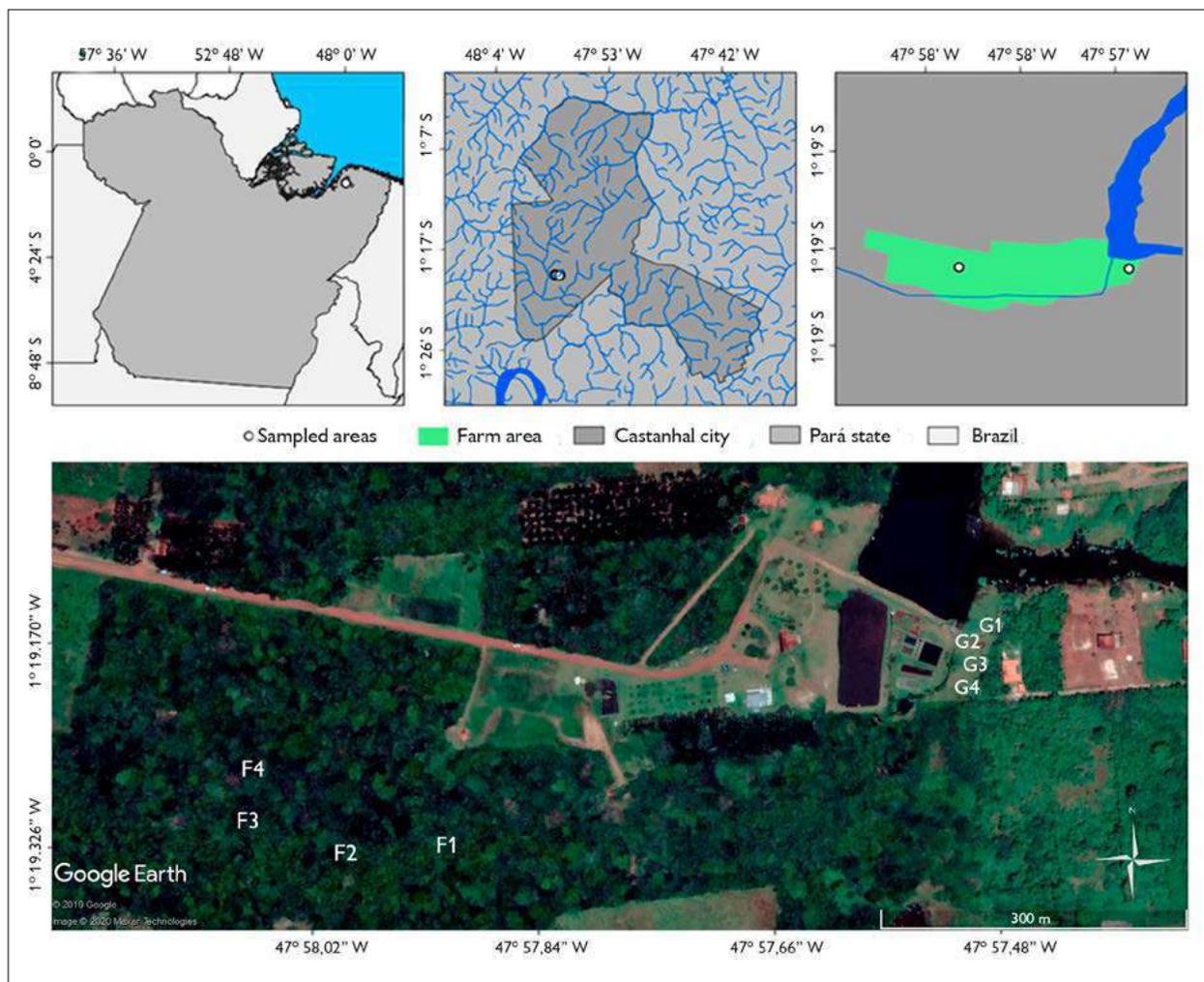


Figure 1. Location of the areas sampled in this study at the School Farm of the Federal Rural University of the Amazon in the city of Castanhal, Pará, Brazil, in the eastern Amazon. The samples from the secondary forest are identified with an F (e.g., F1, F2, F3, and F4), while grassland samples are identified with a G (e.g., G1, G2, G3, and G4). Map by Rafael Chagas, modified by Lucas Colares (2019).

Based on published literature, the climate of the region is humid tropical with two contrasting seasons: a dry one from June to November and a rainy season from December to May (Moraes et al., 2005). The mean annual rainfall reaches 2,432 mm, with a minimum of 63 mm in November and a maximum of 411 mm in March (Climate.Data, 2019). The mean annual temperature is 26.5 °C, with a minimum of 25.8 °C in March and a maximum of 27 °C in October (Climate.Data, 2019). This study was carried out during the rainy period, in December 2019.

SAMPLING METHOD

Leaf litter was collected from the secondary forest and then sifted so that most of the invertebrates could fall through the sieve openings. The leaves were also visually treated, aiming to remove any invertebrates that persisted after sieving. Then, the filtered leaf litter with no invertebrates was kept isolated in closed plastic bags to prevent new invertebrates from entering and colonizing it before the exposure time in grasslands and forest areas. All of the leaf litter was collected from the

secondary forest so the substrate of the leaf litter traps could be standardized with high-quality litter.

The filtered leaf litter was deposited in same-sized plastic bags with a large mesh (3 cm) so that they could allocate similar amounts of litter; these were the litterbags (Figure 2A) (Pereira et al., 2013). The large mesh allows any potential invertebrates from the micro, meso, or macrofauna to enter the bag and colonize it. Litterbags were then randomly distributed at four points of natural grasslands and four points of secondary forest, apart from each other for at least 30 m. Each litterbag was considered a different sample.

Therefore, four litterbags were exposed to grassland (Figure 2B) and four litterbags to the secondary forest (Figure 2C) environment for six days, and, although the colonization time is of a few days, the highest litter decomposition rates are documented to occur in the first days of litter exposure (Stripari & Henry, 2002). After the exposure time, the litterbags were collected in plastic bags (involving the bags from the top of the litterbag and closing at the bottom to prevent the escape of many invertebrates) with pieces of cotton engorged with acetate so invertebrates could be killed by asphyxia once the bag was closed. The leaves from each litterbag were cleaned with a brush, and the material that fell from the cleaning was analyzed through magnifiers in search of invertebrates. The analyzed content was deposited in the Zoological Didactic Collection of the Federal University of Pará.

The species were grouped into morphotypes and taxonomically identified to the taxonomic level of order or family (only adult individuals were accounted for) with the help of specialists and the taxonomy literature (Cohen & Weiner, 2004; Leite & Sá, 2010; Trautwein et al., 2012; Miyazawa et al., 2014; Insect Identification, 2020). The abundance was counted categorically due to the considerable presence of some taxa, and five abundance categories were defined: 0 if no individuals of the species were found; 1 if only one individual of the species was found; 10 if two to ten individuals of the species were



Figure 2. Photographs of (A) litterbags after removing all invertebrates and ready to be exposed to the environment of (B) grassland and (C) secondary forest in the School Farm of the Federal Rural University of the Amazon in Castanhal, Pará, Brazil, in the eastern Amazon. Photos: Lucas Colares (2019).

found; 25 if more than ten individuals of the species were found; and 100 if an uncountable number of individuals of the species was found.

To identify the factors influencing leaf litter colonization in the secondary forest and grasslands, the morphospecies were classified into three litter usage categories: 'using litter as food', 'using litter as a refuge', and 'using litter to forage'. Species were classified into these leaf litter usage categories according to autecology information from their taxonomic groups (Barnes et al., 2005). Taxa with detritivore species were always classified as 'using litter as food', predators were classified as 'using litter to forage', and other taxa were classified as 'using litter as a refuge'.

STATISTICAL ANALYSIS

To identify differences in invertebrate species composition between natural grasslands and secondary forest areas, a permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) with 9999 permutations was used (Legendre & Legendre, 2012). We employed the PERMANOVA to test for a dissimilarity matrix returned

by the Jaccard distance, which ranges from 0 to 1: the closer the value is to 0, the more similar two samples are concerning their species composition, and the closer the distance is to 1, the more dissimilar the two samples are concerning their species composition (Legendre & Legendre, 2012).

The proportion of individuals in each litter usage category relative to all individuals found in each sample (thus using abundance data to calculate the proportion) was calculated to assess the factors influencing leaf litter usage in the habitats. This proportion ranges from 0 to 100: the closer it is to 0, the fewer individuals from the leaf litter usage category are in the sample, whereas the closer it is to 100, the more individuals from the leaf litter usage category are in the sample. Differences in the proportion values were tested using individual T-tests with unequal variance for each type of leaf litter usage. This non-parametric test was chosen since the proportion data does not fit the assumptions for parametric analysis.

The categorical predictor for the T-test was the habitat (secondary forest or grassland), and the quantitative dependent variables were the proportions of each of the three litter usage categories.

The PERMANOVA was carried out using software R and the 'vegan' package (Oksanen et al., 2016), and the T-Tests we conducted in software Statistica (Hill & Lewicki, 2006). We considered a significance level of 0.05 in both analyses.

RESULTS

Forty morphospecies belonging to sixteen different invertebrate taxonomic orders were identified in the study (Table 1). Thirty-one of these species occurred in the secondary forest, with twenty-seven being exclusive of forests; in turn, twelve occurred in the grassland, with eight being exclusive to the land use (Table 1). Thus, the total number of species was higher in the secondary forest than in the grassland (Figure 3).

Table 1. Taxonomic composition, abundance, and litter usage category of invertebrates from leaf litter in secondary forest and grassland litterbags from the School Farm of the Federal Rural University of the Amazon in Castanhal, Pará, Brazil, in the eastern Amazon. The classification refers to whether a species uses leaf litter as food (FOOD), refuge (REFUGE), or forage substrate (FORAGE). (Continue)

Taxon	Abundance		Classification
	Secondary Forest	Grassland	
ARTHROPODA			
CHELICERATA			
Arachnida			
Acari			
Acari sp.	0	1	FOOD
Ixodida			
Ixodidae			
Ixodidae sp.	0	1	REFUGE
Mesostigmata			
Mesostigmata sp.	10	0	REFUGE
Sarcoptiformes			
Oribatida			
Oribatida sp.	21	0	FOOD
Poronota			



Table 1.

(Continue)

Taxon	Abundance		Classification
	Secondary Forest	Grassland	
Poronota sp.	11	400	FOOD
Trombidiformes			
Eupodidae			
Eupodidae sp.	1	0	FOOD
Araneae			
Araneae sp.1	0	1	FORAGE
Araneae sp.2	1	0	FORAGE
Araneae sp.3	1	0	FORAGE
Araneae sp.4	1	0	FORAGE
Araneae sp.5	0	1	FORAGE
Salticidae			
Salticidae sp.1	0	1	FORAGE
Salticidae sp.2	0	1	FORAGE
Salticidae sp.3	1	0	FORAGE
Pseudoscorpiones			
Pseudoscorpiones sp.1	2	0	FORAGE
Pseudoscorpiones sp.2	1	0	FORAGE
CRUSTACEA			
Malacostraca			
Isopoda			
Isopoda sp.	1	21	FOOD
HEXAPODA			
Entognatha			
Collembola			
Entomobryomorpha			
Entomobryidae			
Entomobryidae sp.1	2	0	FOOD
Entomobryidae sp.2	1	0	FOOD
Isotomidae			
Isotomidae sp.1	11	0	FOOD
Isotomidae sp.2	11	0	FOOD
Insecta			
Blattodea			
Blattaria			
Blattaria sp.1	2	0	FOOD
Blattaria sp.2	1	0	FOOD



Table 1.

(Conclusion)

Taxon	Abundance		Classification
	Secondary Forest	Grassland	
Coleoptera			
Coleoptera sp.1	1	0	FOOD
Coleoptera sp.2	2	0	FOOD
Diptera			
Diptera sp.	1	0	REFUGE
Hymenoptera			
Formicidae			
Formicidae sp.1	10	0	REFUGE
Formicidae sp.2	110	0	REFUGE
Formicidae sp.3	100	1	REFUGE
Formicidae sp.4	10	1	REFUGE
Formicidae sp.5	0	11	REFUGE
Formicidae sp.6	1	0	REFUGE
Orthoptera			
Orthoptera sp.1	1	0	FOOD
Orthoptera sp.2	1	0	FOOD
Thysanoptera			
Thysanoptera sp.1	3	0	REFUGE
Thysanoptera sp.2	1	0	REFUGE
MYRIAPODA			
Diplopoda			
Diplopoda sp.1	1	0	FOOD
Diplopoda sp.2	0	36	FOOD
Diplopoda sp.3	1	0	FOOD
MOLLUSCA			
GASTROPODA			
Gastropoda sp.	0	1	FOOD
Total	324	603	

Collembola, Pseudoscorpiones, Blattodea, Coleoptera, Diptera, Orthoptera, and Thysanoptera were found exclusively in the secondary forest, while Gastropoda (a single individual) was found exclusively in grassland samples (Figure 3). The most abundant groups in the secondary forest and the grassland samples were ants

(Formicidae sp.2 and sp.3; Table 1; Figure 3A) and mites from the Poronota suborder (Table 1; Figure 3B), respectively. The ants developed a complete colony in one of the forest samples after the exposure time, evinced by the presence of all castes of the species, including eggs and a queen (Figure 3A).



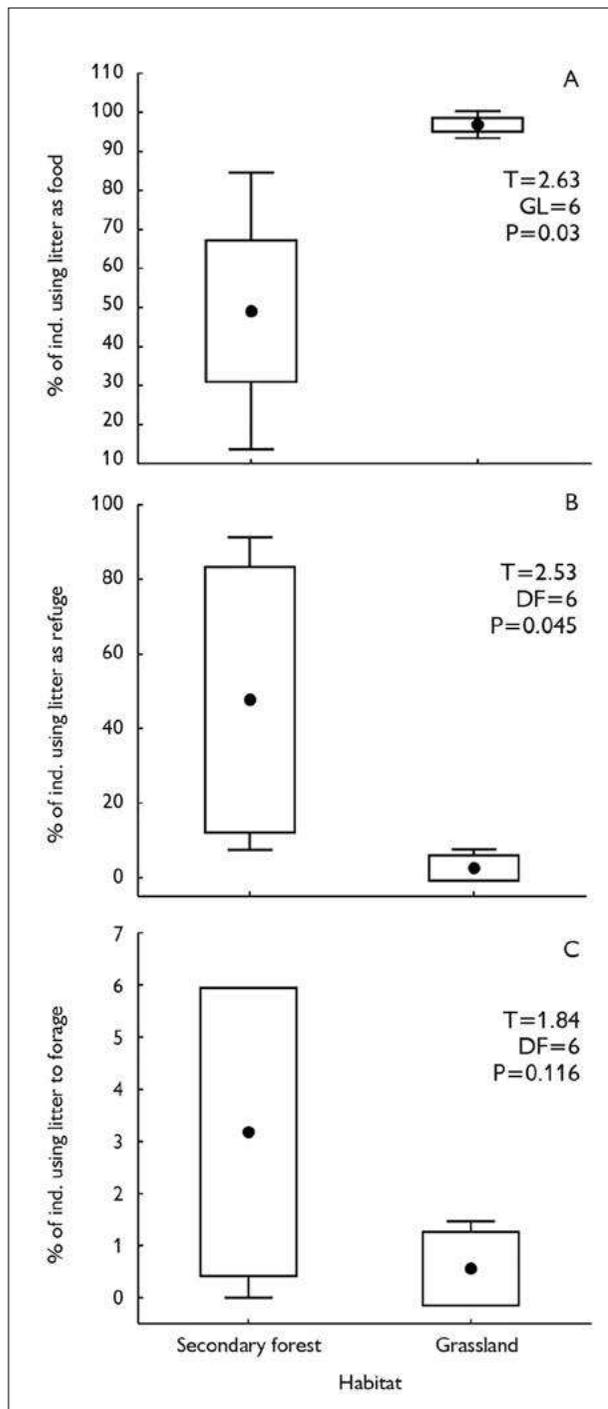


Figure 5. Boxplots representing the proportion (%) of individuals using the leaf litter as (A) food, (B) refuge, and (C) forage substrate in each environment. The middle points of the boxplots are the mean values, boxes are the standard deviations, and whiskers are the minimum and maximum values.

(T-test for unequal variances: $T = 2.53$; $DF = 6$; $p = 0.045$; Figure 5B).

Finally, the proportion of individuals using leaf litter as a foraging substrate to search for prey was, on average, 3.18% in the secondary forest samples against 0.56% in the grassland samples, with the difference in proportions not being statistically significant (T-test for unequal variances: $T = 1.84$; $DF = 6$; $p = 0.116$; Figure 5C).

DISCUSSION

Overall, this study evinced that the invertebrate compositions in the leaf litter of the secondary forest and grasslands are different. Disturbance-sensitive groups such as Collembola and Pseudoscorpiones occurred exclusively in the secondary forest, while disturbance-tolerant groups such as Formicidae and Acari characterized grasslands. Yet, different usages of leaf litter were found in the secondary forest and grassland samples. The proportion of individuals using leaf litter as a refuge in the secondary forest samples is eighteen times higher than in the grassland samples. On the other hand, twice as many individuals colonized leaf litter in grassland samples interested in using it as a food source compared to the secondary forest samples. Beyond this contrast between usage as refuge or food, there seems to be no difference in the proportion of individuals using the leaf litter as a foraging substrate between secondary forest and grassland samples.

The invertebrate composition changes when forest areas are converted into land use management, as made evident for grasslands. Forest areas provide a wet and warm environment due to the constant rain regime in the Amazon and the shade provided by the vegetation (Malhi et al., 2008). The microclimate in forest-ground leaf litter is even wetter and warmer due to the huddle of leaves always close to each other, which can retain rainwater and preserve mild temperatures close to 26 °C (Olson, 1994; Moço et al., 2005). These environmental conditions are ideal for the persistence of disturbance-sensitive species, as has been found for Pseudoscorpiones and springtails

(Collembola) occurring only in secondary forest areas (Figure 3A). The two groups are known to depend on mild temperatures and high soil moisture due to their considerable water loss through respiration (Harte et al., 1996; Lighton & Joos, 2002).

In turn, when forest areas are converted into grasslands, the environment tends to present harsher humidity and microclimate conditions (Breshears, 2006). Due to the predominance of grass and the absence of a canopy cover, there is a high incidence of solar rays on the soil, which raises the temperature near the ground close to 30 °C and accelerates the evaporation of water in the environment (Martens et al., 2000; Breshears, 2006). Thus, the microclimate in the leaf litter of grasslands tends to be dry and warmer than that in forests (Martens et al., 2000). The species found in the grassland environment must tolerate the hard conditions provided by the disturbed area, as shown here by the predominance of mites (Acari) from the Poronota suborder in the grassland areas (Figure 3B). Species from this suborder are known for being tolerant to a wide range of environmental conditions and often appear in high densities in agricultural systems (Maraun & Scheu, 2000; Murvanidze et al., 2011).

The leaf litter colonization by invertebrates looking for leaf litter as a food source was different between grasslands and secondary forests. Species that eat leaf litter are detritivores, those who break down the organic matter of the leaf litter, participating in the nutrient cycle of the ecosystem (Pereira et al., 2013). The more considerable presence of detritivores in the grassland litterbags may be due to resource limitations in the land-use since the leaf litter quality is lower than that of the forest (Xavier et al., 2011; Cofiteaux et al., 2016). Such quality depends on leaf nitrogen (Smith & Bradford, 2003) because, after deforestation, the soil nitrogen is depleted, and the amount of nitrogen that grass species have available to uptake is lower (Li et al., 2012). The quality of grassland leaf litter is lower than that of forest litter since the leaf nitrogen in grassland litter is not high (Cho et al., 2013). The input

of a forest-quality leaf litter in our study characterized a tremendous energy source to be used by detritivore species, which appeared in high abundance in the grassland samples. This proportion of detritivores in grasslands was represented mainly by mites from the Poronota suborder (Table 1), with over 100 individuals occurring in all grassland samples (Figure 3B).

In the forest samples, there was a lower proportion of detritivore species compared to the grassland samples. High-quality leaf litter is a resource always available since the complex vegetation of the forest continues to the leftover leaves that accumulate aboveground with higher amounts of nitrogen than in grasslands (Li et al., 2012). Therefore, detritivore species of forests still have plenty of high-quality food (Cho et al., 2013). Thus, a lower proportion of detritivores in the secondary forest sample may be due to the non-urgency in using leaf litter as a food source since there is plenty of leaf litter in the forest. Despite the lower proportion of detritivores in terms of abundance, forest areas surpass grasslands in terms of the number of detritivore species, having an even number of individuals per species, represented by springtails, cockroaches (Blattaria), and mites different from the ones found in the grassland samples (Table 1; Figure 3A).

There were eighteen times more invertebrate individuals using leaf litter as a refuge in the secondary forest samples than in the grassland samples. These species were using leaf litter as shelter in search of the microclimate conditions presented by the leaf litter microhabitat (Richardson, 1992). Some species that live in wet and warm environmental conditions like the ones provided by leaf litter may find a place to live among the accumulated leaves, just as we found a complete ant colony (Formicidae) developed in one of the forest litterbags (Figure 3A). The proportion of individuals using leaf litter as refuge is higher in the secondary forest samples than in the grassland litter, mainly due to space limitation. Since the Amazon forest has enormous biodiversity of invertebrates, the space to live in the forest is limited, so any microhabitat is swiftly colonized

as species try to find a place to live (Richardson, 1992). In turn, species present in grassland areas are already tolerant to the harsh environmental conditions, so they do not need refuge in leaf litter heaps (Richardson, 1992).

Due to the high biodiversity in leaf litter looking for either food or refuge, some predators started appearing to use the leaf litter as a place to hunt since there was enough prey available in the microhabitat (Moço et al., 2005). Spiders (Araneae) corroborated this inference by appearing in the grassland samples just as much as in the secondary forest samples (Table 1; Figure 3). The proportion of species using leaf litter as a foraging substrate did not differ between the secondary forest and grassland samples. This non-difference between the two areas evinces that predators are present in the trophic web of secondary forests and grasslands but represented by different species.

CONCLUSIONS

Forest leaf litter composition is characterized by specialist species that are sensitive to disturbance. Therefore, once forest areas are converted into grasslands, this composition changes, and these sensitive species are replaced by tolerant ones, which can support the new environmental conditions. Moreover, individuals using leaf litter as food (detritivores) in grasslands surpass the number found in the forest leaf litter. This higher proportion of detritivores in grasslands may be due to resource limitations in the environment. Conversely, the proportion of invertebrates using leaf litter as a refuge is eighteen times higher in the secondary forest than in grasslands, probably due to a limitation of space in the forest considering the high biodiversity of the Amazon. Finally, due to the high biodiversity of invertebrates looking for either food or refuge, leaf litter seems an ideal place for predators to forage in the secondary forest just as much as in grasslands.

ACKNOWLEDGMENTS

First, I would like to thank the Brazilian Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES)

for the funding provided for the field trip. I am very grateful to Camila Leão for the field assistance, Ivoneide Silva and Gustavo Ruiz for the assistance in the taxonomic identification of the invertebrates, and Rafael Anaisce for the map of the Farm. I would also like to thank all the people in the Farm administration that made the field trip possible, as well as the students from the Field Course promoted by Graduate Programs of Zoology and Ecology from the Federal University of Pará for the psychological support during the course.

REFERENCES

- Andersen, A. N., & Majer, J. D. (2004). Ants show the way Down Under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(6), 291-298. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0292:ASTWVDUJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0292:ASTWVDUJ]2.0.CO;2)
- Barnes, R. D., Ruppert, E. E., & Fox, R. S. (2005). *Zoologia de invertebrados*. Roca.
- Breshears, D. D. (2006). The grassland-forest continuum: trends in ecosystem properties for woody plant mosaics? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 96-104. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0096:TGCTIE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0096:TGCTIE]2.0.CO;2)
- Brückner, A., Schuster, R. Smit, T., Pollierer, M. M., Schäffler, I., & Heethoff, M. (2018). Track the snack – olfactory cues shape foraging behaviour of decomposing soil mites (Oribatida). *Pedobiologia (Jena)*, 66, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.10.004>
- Cho, M. A., Ramoelo, A. Debba, P. Mutanga, O. Mathieu, R., Van Deventer, H., & Ndlovu, N. (2013). Assessing the effects of subtropical forest fragmentation on leaf nitrogen distribution using remote sensing data. *Landscape Ecology*, 28, 1479-1491. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9908-7>
- Climate.Data. (2019). *Clima Castanhal*. <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/para/castanhal-26632/>
- Cofiteaux, M., Mousseau, M., Celerier, M., & Bottner, P. (2016). Increased atmospheric CO₂ and litter quality: decomposition of sweet chestnut leaf litter with animal food webs of different complexities. *Oikos*, 61(1), 54-64. <https://doi.org/10.2307/3545406>
- Cohen, J. A., & Weiner, S. (2004). *Visual Key. Electronic Field Guide to Arachnids*. http://www.bio.brandeis.edu/fieldbio/arachnids_cohen_weiner/home.html
- Coordenação Geral de Observação da Terra (PRODES). (2019). *Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

- Dobson, M. (1994). Microhabitat as a determinant of diversity: stream invertebrates colonizing leaf packs. *Freshwater Biology*, 32(3), 565-572. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1994.tb01147.x>
- Ehlers Smith, Y. C., Ehlers Smith, D. A., Ramesh, T., & Downs, C. T. (2017). The importance of microhabitat structure in maintaining forest mammal diversity in a mixed land-use mosaic. *Biodiversity and Conservation*, 26, 2361-2382. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1360-6>
- Harte, J., Rawa, A., & Price, V. (1996). Effects of manipulated soil microclimate on mesofaunal biomass and diversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(3), 313-322. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00139-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00139-5)
- Hill, T. & Lewicki, P. (2006). *Statistics: methods and applications*: 1-832. Statsoft.
- Insect Identification. (2020). *Insect Dichotomous Key (for separating Arachnida from Insecta)*. <https://www.insectidentification.org/>.
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier.
- Leite, G. L. D., & Sá, V. G. M. (2010). *Apostila: taxonomia, nomenclatura e identificação de espécies*. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Minas Gerais.
- Li, D., Niu, S., & Luo, Y. (2012). Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: A meta-analysis. *New Phytologist*, 195(1), 172-181. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04150.x>
- Lighton, J. R. B., & Joos, B. (2002). Discontinuous gas exchange in a tracheate arthropod, the pseudoscorpion *Garypus californicus*: occurrence, characteristics and temperature dependence. *Journal of Insect Science*, 2(23), 1-4. <https://doi.org/10.1673/031.002.2301>
- Lindsay, E. A., & Cunningham, S. A. (2009). Livestock grazing exclusion and microhabitat variation affect invertebrates and litter decomposition rates in woodland remnants. *Forest Ecology and Management*, 258(2), 178-187. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.04.005>
- Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5860), 169-172. <http://doi.org/10.1126/science.1146961>
- Maraun, M., & Scheu, S. (2000). The structure of oribatid mite communities (Acari, Oribatida): patterns, mechanisms and implications for future research. *Ecography*, 23(3), 374-382. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2000.tb00294.x>
- Martens, S. N., Breshears, D. D., & Meyer, C. W. (2000). Spatial distributions of understory light along the grassland/forest continuum: effects of cover, height, and spatial pattern of tree canopies. *Ecological Modelling*, 126(1), 79-93. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(99\)00188-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(99)00188-X)
- Memmott, J., Fowler, S. V., Paynter, Q., Sheppard, A. W., & Syrett, P. (2000). The invertebrate fauna on broom, *Cytisus scoparius*, in two, native and two exotic habitats. *Acta Oecologica*, 21(3), 213-222. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(00\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(00)00124-7)
- Miyazawa, H., Ueda, C., Yahata, K., & Su, Z. H. (2014). Molecular phylogeny of Myriapoda provides insights into evolutionary patterns of the mode in post-embryonic development. *Scientific Reports*, 4, 4127. <https://doi.org/10.1038/srep04127>
- Moço, M. K. D. S., Da Gama-Rodrigues, E. F., Da Gama-Rodrigues, A. C., & Correia, M. E. F. (2005). Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(4), 555-564. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000400008>
- Moraes, B. C. D., Costa, J. M. N. D., Costa, A. C. L. D., & Costa, M. H. (2005). Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35(2), 207-214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>
- Murvanidze, M., Kvavadze, E., Mumladze, L., & Arabuli, T. (2011). Comparison of earthworms (Lumbricidae) and oribatid mite (Acari, Oribatida) communities in natural and urban ecosystems. *Vestnik Zoologii*, 45(4), 16-24. <https://doi.org/10.2478/V10058-011-0021-6>
- Oksanen, O., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2016). *Vegan: community ecology package*. R Package Version 2.3.5. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olson, D. M. (1994). The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10(2), 129-150. <https://doi.org/10.1017/S0266467400007793>
- Pereira, G. H. A., Pereira, M. G., Anjos, L. H. C., Amorim, T. A., & Menezes, C. E. G. (2013). Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de floresta atlântica. *Bioscience Journal*, 29(5), 1316-1326.
- Queiroz, A. C. M., Ribas, C. R., & França, F. M. (2013). Microhabitat characteristics that regulate ant richness patterns: The importance of leaf litter for epigeic ants. *Sociobiology*, 60(4), 367-373. <http://dx.doi.org/10.13102/sociobiology.v60i4.367-373>
- Richardson, J. S. (1992). Food, microhabitat, or both? Macroinvertebrate use of leaf accumulations in a montane stream. *Freshwater Biology*, 27, 169-176.
- Smith, V. C., & Bradford, M. A. (2003). Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. *Applied Soil Ecology*, 24(2), 197-203. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00094-5](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00094-5)

- Stripari, N. D. L., & Henry, R. (2002). The invertebrate colonization during decomposition of *Eichhornia azurea* kunth in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 62(2), 293-310. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842002000200014>
- Trautwein, M. D., Wiegmann, B. M., Beutel, R., Kjer, K. M., & Yeates, D. K. (2012). Advances in insect phylogeny at the dawn of the postgenomic era. *Annual Review of Entomology*, 57(1), 449-468. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100538>
- Walls, S. C. (1995). Differential vulnerability to predation and refuge use in competing larval salamanders. *Oecologia*, 101(1), 86-93. <https://doi.org/10.1007/BF00328904>
- Xavier, D. F., Silva Lédo, F. J., Campos Paciuillo, D. S., Ávila Pires, M. F., & Boddey, R. M. (2011). Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10), 1214-1219. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000014>

Environmental filters and biotic interactions drive species richness and composition in ecotone forests of the northern Brazilian Amazonia

Filtros ambientais e interações bióticas conduzem a riqueza e composição de espécies em florestas de ecótono do norte da Amazônia brasileira

Williamar Rodrigues Silva^I  | Pedro Aurélio Costa Lima Pequeno^{II}  | Hugo Leonardo Sousa Farias^I  |
Valdinar Ferreira Melo^{III}  | Carlos Darwin Angulo Villacorta^{IV}  | Lidiany Camila Silva Carvalho^V  |
Ricardo Oliveira Perdiz^{II}  | Arthur Camurça Citó^{II}  | Reinaldo Imbrozio Barbosa^{II} 

^IUniversidade Federal de Roraima. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Boa Vista, Roraima, Brasil

^{II}Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Boa Vista, Roraima, Brasil

^{III}Universidade Federal de Roraima. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Boa Vista, Roraima, Brasil

^{IV}Estación Experimental Agraria San Ramón. Dirección de Recurso Genéticos y Biotecnología. Instituto Nacional de Innovación Agrária. Yurimaguas, Peru

^VUniversity of Exeter. Exeter, Inglaterra

Abstract: The structure of tree communities in tropical forests depends on environmental filters and biotic interactions such as competition and facilitation. Many ecotone forests in Northern Amazonia are intriguingly populated by tree assemblages characterized by distinct abundances of a single species, *Peltogyne gracilipes* (Leguminosae). It is unclear whether this pattern solely reflects environmental filters or also antagonistic interactions among species with similar habitat requirements. The aim of this study was to determine the response of species richness and composition to environmental filters, and analyze the role of *P. gracilipes* in structuring tree communities in ecotone forest areas of the Northern Brazilian Amazonia. We sampled 129 permanent plots along a hydro-edaphic gradient. All arboreal individuals with stem diameter ≥ 10 cm were measured and identified. Multiple regressions were performed to test the effects of environmental filters, and abundance of *P. gracilipes* on the tree species richness and composition. Species richness and composition responded to the same filters which, in turn, affected species composition directly and indirectly, through the abundance of *P. gracilipes*. Our results indicate that both abiotic filters and biotic interactions shape the studied tree communities. *P. gracilipes* can be considered an indicator species of hydro-edaphic conditions, but also is itself a driver of tree community structure.

Keywords: Community structure. Maracá Island. Roraima. Seasonal forests. Tree species.

Resumo: Estrutura de comunidades de árvores em florestas tropicais depende de filtros ambientais e interações abióticas, como competição e facilitação. Muitas florestas de ecótono no norte da Amazônia são intrigantemente povoadas por assembleias de árvores, caracterizadas por abundâncias distintas de uma única espécie, *Peltogyne gracilipes* (Leguminosae). Não está claro se este padrão isoladamente reflete filtros ambientais ou também interações antagonísticas entre espécies com requisitos de *habitats* semelhantes. O objetivo deste estudo foi determinar a resposta da riqueza e composição de espécies aos filtros ambientais, analisando o papel de *P. gracilipes* na estruturação de comunidades arbóreas em áreas de floresta de ecótono do norte da Amazônia brasileira. Amostramos 129 parcelas permanentes ao longo de um gradiente hidro-edáfico. Todos os indivíduos arbóreos com diâmetro do caule ≥ 10 cm foram medidos e identificados. Regressões múltiplas foram realizadas para testar os efeitos dos filtros ambientais, e da abundância de *P. gracilipes* na riqueza e composição das árvores. Riqueza e composição de espécies responderam aos mesmos filtros, os quais, por sua vez, afetaram a composição das espécies direta e indiretamente, por meio da abundância de *P. gracilipes*. Nossos resultados indicam que tanto os filtros abióticos quanto as interações bióticas moldam as comunidades arbóreas estudadas. *P. gracilipes* pode ser considerada uma espécie indicadora de condições hidroedáficas, mas também é ela própria uma impulsionadora da estrutura da comunidade arbórea.

Palavras-chave: Estrutura da comunidade. Ilha de Maracá. Roraima. Florestas sazonais. Espécies de árvores.

Silva, W. R., Pequeno, P. A. C. L., Farias, H. L. S., Melo, V. F., Villacorta, C. D. A., Carvalho, L. C. S., Perdiz, R. O., Citó, A. C., & Barbosa, R. I. (2021). Environmental filters and biotic interactions drive species richness and composition in ecotone forests of the northern Brazilian Amazonia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 229-244. <http://doi.org/10.46357/bcnaturalis.v16i2.434>.

Autor para correspondência: Reinaldo Imbrozio Barbosa. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Núcleo de Roraima. Rua Coronel Pinto, 315 – Centro. Boa Vista, RR, Brasil. CEP 69301-150 (reinaldo@inpa.gov.br).

Recebido em 01/10/2020

Aprovado em 12/05/2021

Responsabilidade editorial: Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmento



INTRODUCTION

Amazon region is recognized as the largest continuous area of tropical forest on Earth, holding a rich tree flora estimated at 15,000 species (ter Steege et al., 2020). The global importance of the Amazon is reflected in their ecosystem services provided by the forest standing, including carbon stocks, hydrological cycle and conservation of biodiversity (Fearnside, 2013; Le Clec'h et al., 2019). The region concentrates a huge diversity of forest ecosystems conditioned by different environmental filters and biotic factors which do not allow simplistic assessments for use in ecosystem services policies or environmental modeling (Ometto et al., 2014; Tejada et al., 2020). In general, species richness and composition of tree communities has been used to create an identity to the regional forest ecosystems and associate them with studies related to ecosystem functions and processes (Gomes et al., 2018; F. R. Costa et al., 2020; Sousa et al., 2020). Although the number of investigations has grown in recent years, there are still spatial gaps that need to be filled to improve our understanding of how environmental filters act synergistically with biotic factors, promoting variations in the species richness and composition that model ecosystem identity for the different forest types in the Amazon (Oliveira-Filho et al., 2021). This is an environmental key issue with direct implications for theories of species coexistence, natural resource management, and conservation in Amazon (Householder et al., 2021).

Most ecological studies have been done in areas closer to the Amazon river channel (central Amazonia), and they have shown that edaphic and topographic filters affect the species richness and composition of plants at different spatial scales (Toledo et al., 2017; Figueiredo et al., 2018; Oliveira et al., 2019). Main analyses have shown that species distribution is related mainly to soil macronutrient and clay contents (Fine et al., 2005; Quesada et al., 2010; Moser et al., 2014), which vary along topographic gradients (Bohlman et al., 2008; Zuleta et al., 2020). It is assumed that these factors represent the main environmental conditions along which plant communities are structured

in Amazonia (F. V. Costa et al., 2015). Likewise, soil micronutrients also function as environmental filters which can affect species distribution and community structure (Baldeck et al., 2013). Soil micronutrient availability can be both limiting and toxic to plants (Sperotto et al., 2014), or even affect indirectly the availability of other nutrients that limit plant growth even on more fertile tropical soils (Kaspari et al., 2008; Barron et al., 2009).

Despite these findings on areas closer to the Amazon river channel, it is unclear what is relative importance of different environmental conditions for the structure of tree communities in terms of species richness and composition in the ecotones dispersed on peripheral areas of Amazonia (Canetti et al., 2019). Ecotone is a known general term to define a multi-dimensional environmentally stochastic interaction zone between two or more ecological systems or communities (Hufkens et al., 2009). In Amazon region, they are extensive ecosystems located in the peripheral northern and southern borders representing transition zones between large open vegetation (savannas) and different forest types, which are of great importance from the perspective of biological conservation (Santos et al., 2013; Marques et al., 2019). The lack of better clarity on how species richness and composition are structured in the Amazonian ecotone areas are mainly due to the lack of spatialization of investigations relating both biotic and environmental drives acting synergistically in the plant distribution. The paucity of studies is more noticeable in Northern Brazilian Amazonia, where ecotone forests have been increasingly threatened by anthropogenic disturbances as deforestation and fires (Barni et al., 2015; Almeida et al., 2016).

In peripheral zone of Northern Amazonia, a region encompassing much of the Brazilian state of Roraima, at the boundary with Venezuela and Guyana, the ecotone represent a wide transition area between the large Rio Branco-Rio Rupununi savanna and continuous areas of different forest types (Desjardins et al., 1996; Barbosa et al., 2007). The continuous forest area is formed by an interaction range comprising ombrophilous forests, seasonal

forests and some few enclaves of savanna dispersed on hydro-edaphic gradients (Milliken & Ratter, 1998; Carvalho et al., 2018; W. Silva et al., 2019b). *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae), a tree endemic species occurring along whole ecotone zone, can dominate forest stands until reaching monodominant status (Nascimento & Proctor, 1997; Nascimento et al., 2007). Monodominance by *P. gracilipes* was first documented in 1924-25 (ter Steege et al., 2019), and it has been related to hydro-edaphic conditions, such as poorly drained soils and high Fe⁺² content (Nascimento et al., 2017; Villacorta, 2017). However, it is unclear whether this pattern solely reflects exclusion of most tree species from such areas due to their physiological requirements, or whether agonistic interactions with *P. gracilipes* can exclude other species from sites where they could occur otherwise.

To better understand the effects of environmental filters and biotic interactions with *P. gracilipes* in structuring tree communities in ecotone forests of Northern Amazonia, we tested the hypothesis that hydro-edaphic gradients shape species richness and composition both directly and indirectly. Direct effects would result from species sorting along hydro-edaphic gradients due to niche partitioning and local adaptation, whereas indirect effects would result from environmentally-driven changes in *P. gracilipes* abundance, which would affect the abundances of other species due to *P. gracilipes* being a better competitor for soil resources under restrictive soil conditions. We predicted that altitude – a topographic proxy indicating the risk of seasonal flooding – and soil nutrients content would be the main drivers of *P. gracilipes* abundance, species richness and species composition, whereas *P. gracilipes* would have a negative effect on species richness and would change species composition independently of environmental conditions.

MATERIAL AND METHODS

STUDY AREA

This study was performed in eastern of Maracá Island, the largest part of the Maracá Ecological Station (3° 15'

- 3° 35' N and 61° 22' - 61° 58' W), a conservation area managed by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) located in state of Roraima, Northern Brazilian Amazonia (Figure 1). Maracá has moist tropical climate, and it is situated in a region characterized by the transition between savanna (Aw) and monsoon (Am) climatic subtypes in Köppen's classification (Barbosa, 1997; Barni et al., 2020). Average annual temperature and rainfall are 26 °C and 2.086 ± 428 mm, respectively, with a rainier period from May to August, and a drier period from December to March (Couto-Santos et al., 2014). The vegetation of Maracá Island reflects the climatic and biogeographic transition zone in which it is inserted (Milliken & Ratter, 1998), presenting a mosaic of ombrophilous and seasonal forests spreader over a hydro-edaphic gradients which are related to the structure, species richness and composition of each forest type (Robison & Nortcliff, 1991; Carvalho et al., 2018).

SAMPLING DESIGN

We sampled arboreal individuals (trees + palms) in 129 permanent plots (10 m x 50 m; 6.45 ha) spread over six East-West trails belonging to a sampling grid established by the Brazilian Biodiversity Research Program (PPBio) on the eastern of Maracá Island (PPBio, n.d.). The PPBio grid (25 km²) is a mesoscale sample of the ecotone forest covering eastern of Maracá Island (mosaic of ombrophilous and seasonal forests). It is a representative area showing us how environmental filters and biotic factors act conditioning variation in species richness and composition in the studied ecotone zone. Each trail is 5 km long, along which 18-29 plots were established in each one with at least a distance of 150 m between them. This sampling design aimed at capturing small-scale structural variation in tree communities of this ecotone forest (W. Silva et al., 2019b). Swamps and enclaves of savannas were not considered in this study. All plots were georeferenced in UTM coordinates and had their altitudes determined topographically (Vale & Romero, 2015). The permanent plots have been measured annually since 2015.

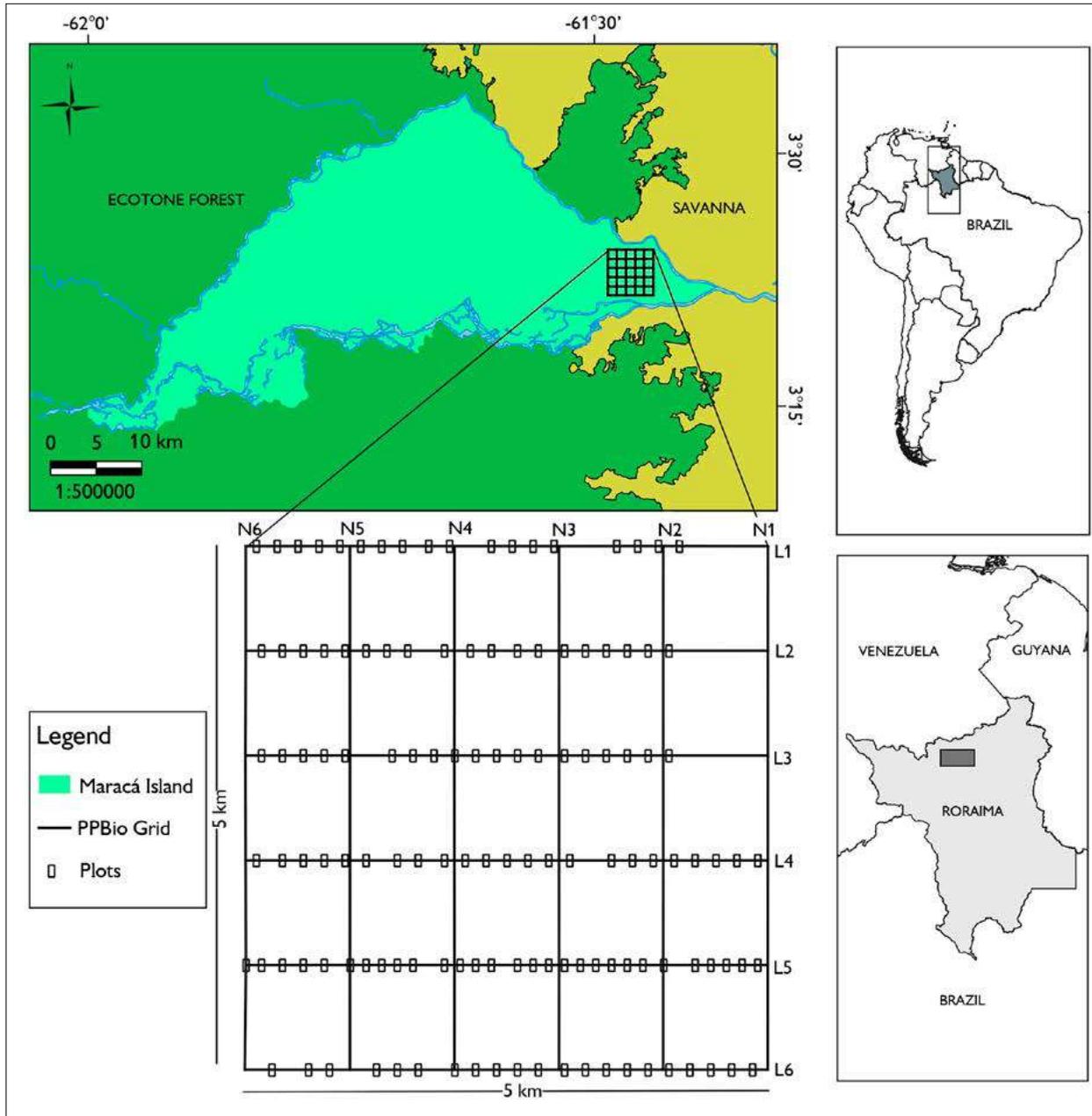


Figure 1. Study area indicating the grid of the Biodiversity Research Program (PPBio) and Geographic location of 129 permanent plots on the eastern of Maracá Island, state of Roraima, Northern Brazilian Amazonia. Map: A. C. Citó (2020).

All biometric data can be freely accessed by the Mendeley Data repository (W. Silva et al., 2019a), and ForestPlots platform (ForestPlots.NET, n.d.) under the codes ETA, ETB, ETC, ETD, ETE and ETF.

FOREST INVENTORY

We obtained tree data using the protocol for forest inventory in PPBio research sites (Castilho et al., 2014). We sampled all trees and palms with stem diameter ≥ 10 cm

(hereafter only trees), within each of the 129 sampling plots. When trees had deformities or aerial roots, stem diameter was measured 0.5 m above these features (cf. Castilho et al., 2014). Measurements were taken using a diameter tape (model 283D/5m).

All individuals were morphotyped based on field observations and collection of biological material between 15-23/12/2017 for posterior taxonomic identification. Collected material represented most sampled species and were deposited in the herbarium of the *Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia* (INPA), *Museu Integrado de Roraima* (MIRR) and *Universidade Federal Roraima* (UFRR) (acronyms follow Thiers, 2020 [continuously updated]). Species identification was mainly performed by A. T. Mello by comparison with material from INPA's botanical collection, with further checking by R. O. Perdiz and R. I. Barbosa using the botanical collections of INPA, UFRR and MIRR, and consultations to the Reflora virtual herbarium (Reflora, 2020). Scientific names were verified and corrected with reference to the species list of the Brazilian Flora (BFG et al., 2015); family-level groupings followed APG et al. (2016). A total of 3,040 stems (tree = 2,815; palm = 225), corresponding to 140 species (42 botanic families) were used in the analysis. Species composition by sampling plot is presented in the study of W. Silva et al. (2019b), and it is also freely available in the Brazilian Biodiversity Information System (W. Silva et al., 2020).

SOIL SAMPLING AND ANALYSIS

Soil samples (20-cm deep) were collected at two points within each of the 129 sampling plots. The two subsamples were mixed forming a compound soil sample and, subsequently, each one was air-dried and sieved (2-mm mesh size). Physical (soil clay content, %), and chemical edaphic variables (contents of available K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P , Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , B and Cu^{2+} , and soil organic matter) were obtained using standard protocols (EMBRAPA, 2011). All soil data are freely available through Mendeley Data repository (Barbosa et al., 2019).

STATISTICAL ANALYSIS

Tree community structure was described as species richness (defined as the number of species found in a plot) and species composition, defined as the combination of species abundances in a plot. The latter was summarized in a single variable using the first axis of a Principal Coordinate Analysis (PCoA), based on Bray-Curtis dissimilarities computed from Hellinger-transformed species abundances (Legendre & Legendre, 2012). We considered the following environmental variables as potential drivers of tree species abundance: (i) altitude (m a.s.l.) as a topographic proxy indicating the risk of seasonal flooding, and (ii) edaphic variables such as soil clay content (%), soil organic matter, sum of bases (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ; $cmol\ kg^{-1}$), sum of micronutrients (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , B and Cu^{2+} ; $mg\ kg^{-1}$), and soil available P ($mg\ kg^{-1}$). Clay content was adopted to represent the soil texture while bases and micronutrients were grouped by both affinity and reaction forms in the soil. Correlation matrix of the environmental variables used as predictors in the regression models of tree community structure was performed (Appendix 1). Multiple regressions were performed in three analyses: (i) testing for the effects of environmental variables on the abundance of *P. gracilipes*; (ii) testing for the effects of environmental variables and *P. gracilipes* abundance on the richness of remaining species; and (iii) testing for the effects of environmental variables and *P. gracilipes* abundance on the composition of remaining species, as represented by the first Principal Coordinate (PCo1). This allowed us to examine the extent to which *P. gracilipes* could shape community structure on its own, independently of environmental variables. Nutrient predictors were log-transformed to account for non-linear species responses due to strong nutrient limitation when their availability is low. Predictor effects were visualized using partial residual plots, which control for variation in remaining predictors (Breheiny & Burchett, 2017). We tested spatial autocorrelation among plots showing that there is no residual spatial autocorrelation in any of the analyzed models because the residuals are independent in analyses involving the regression models (Appendix 2). All analyses were

performed in R 3.6.3 (R Core Team, 2020), with the aid of packages 'vegan' for ordination (Oksanen et al., 2015) and 'visreg' for partial residual plots to visualize predictor effects (Breheny & Burchett, 2017).

RESULTS

RESPONSE OF *P. GRACILIPES* ABUNDANCE TO TOPOGRAPHIC AND EDAPHIC VARIABLES

Mean altitude, soil Clay content and sum of micronutrients explained 52% of the variation in the abundance of *P. gracilipes*

(Table 1). Abundance was lower at both higher altitude and soil clay content, but sum of micronutrients had the strongest positive effect on *P. gracilipes* abundance (Figure 2). Correlation analysis between altitude (topographic proxy for drainage) and micronutrients ($r = -0.33$; $P < 0.05$) was significant as while as clay content and micronutrients ($r = 0.39$; $P < 0.05$) (Appendix 1). This result indicate that environments populated by higher abundance of *P. gracilipes* is characterized by seasonal flooding in association with both higher micronutrients content and lower soil Clay content.

Table 1. Multiple regression models relating *Peltogyne gracilipes* abundance, species richness and species composition to hydro-edaphic (soil variables and altitude as a proxy for soil drainage) and biotic drivers in an ecotone landscape in Northern Amazonia ($n = 129$). Bold numbers represent statistically significant effects ($P < 0.05$).

Response	R^2	Predictor	Coefficient	t	P
Abundance of <i>P. gracilipes</i>	0.52	Intercept		-	-
		Mean altitude	-0.15	-3.86	0.001
		Clay content	-0.19	-2.76	0.006
		SOM	0.07	1.30	0.196
		Log base sum	-0.76	-1.15	0.252
		Log P content	0.21	0.82	0.411
		Log micronutrient sum	0.03	6.97	0.001
Species richness	0.32	Intercept	6.24	-	-
		Mean altitude	0.08	1.97	0.050
		Clay content	-0.04	-0.61	0.539
		SOM	0.08	1.46	0.144
		Log base sum	-0.75	-1.15	0.251
		Log P content	0.41	1.63	0.103
		Log micronutrient sum	0.00	1.16	0.869
		<i>P. gracilipes</i>	-0.42	-4.79	0.001
Species Composition (PCo1)	0.80	Intercept	-5.59	-	-
		Mean altitude	8.34	4.85	0.001
		Clay content	6.38	2.07	0.039
		SOM	-1.61	-0.64	0.518
		Log base sum	-3.13	-1.13	0.259
		Log P content	6.30	0.05	0.953
		Log micronutrient sum	-1.04	-0.04	0.962
		<i>P. gracilipes</i>	-2.96	-7.90	0.001



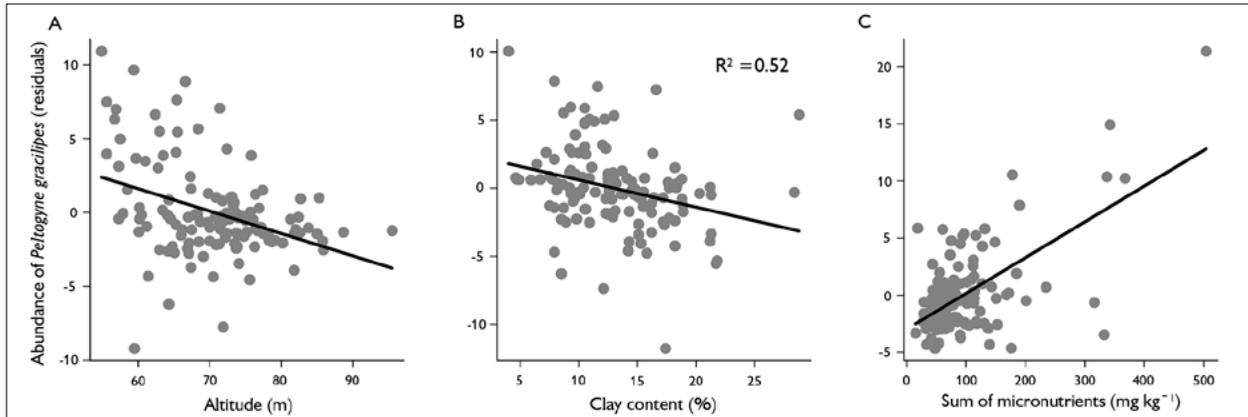


Figure 2. Relationship between abundance of *Peltogyne gracilipes* and (A) average altitude (B) clay content and (C) sum of soil micronutrients in an ecotonal landscape in Northern Brazilian Amazonia. Each point represents one sampling plot ($n = 129$). Lines represent regression fits.

RESPONSE OF SPECIES RICHNESS TO ENVIRONMENTAL GRADIENTS AND *P. GRACILIPES* ABUNDANCE

Altitude and the abundance of *P. gracilipes* together explained 32% of the variation in tree species richness observed in the study area (Table 1). The abundance of *P. gracilipes* was the strongest predictor of tree species richness, which decreased with the former (Figure 3A). Moreover, forest stands in higher areas tended to have more species (Figure 3B).

RESPONSE OF SPECIES COMPOSITION TO ENVIRONMENTAL GRADIENTS AND *P. GRACILIPES* ABUNDANCE

The joint effect of altitude, soil Clay content and abundance of *P. gracilipes* explained 80% of the strongest pattern of change in species composition (as represented by PCo1) (Figure 4). Altitude and the abundance of *P. gracilipes* were the strongest predictors of species composition, whereas soil Clay content had a more subtle effect (Table 1).

DISCUSSION

EFFECT OF ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE ABUNDANCE OF *P. GRACILIPES*

Our results indicate a strong effect of environmental conditions (altitude, soil clay content and sum of micronutrients) on

the abundance of *P. gracilipes*. The spatial distribution of this species is shaped by different environmental filters in the eastern of Maracá Island, supporting the proposals of Nascimento and Proctor (1997) and Nascimento et al. (2017). Seasonally flooded areas located in bottomlands with higher micronutrient content are seemingly more suitable for the occurrence of this species in the study area. These findings are similar to those of Villacorta (2017), who suggested that *P. gracilipes* would not occur or would have low abundance in non-flooded soils, but could become monodominant in areas with higher hydro-edaphic restrictions.

Poorly structured soils, low sum of bases content and seasonally flooded, as those where *P. gracilipes* is more abundant in eastern Maracá Island, can be considered limiting to the growth and survival of other tree species, causing root systems to be shorter and underdeveloped due to the low tolerance of most species to restrictive soils (Gale & Barfod, 1999; Quesada et al., 2012). This was also demonstrated by Ramírez-Narváez (2017), who found lower root biomass in areas where *P. gracilipes* is more abundant, indicating that this species has greater tolerance to environments with stronger hydro-edaphic restrictions relative to other species occurring in eastern Maracá Island. Thus, higher abundance of *P. gracilipes* is expected in more restrictive environments (e.g. seasonally flooded areas) in eastern Maracá Island and, depending

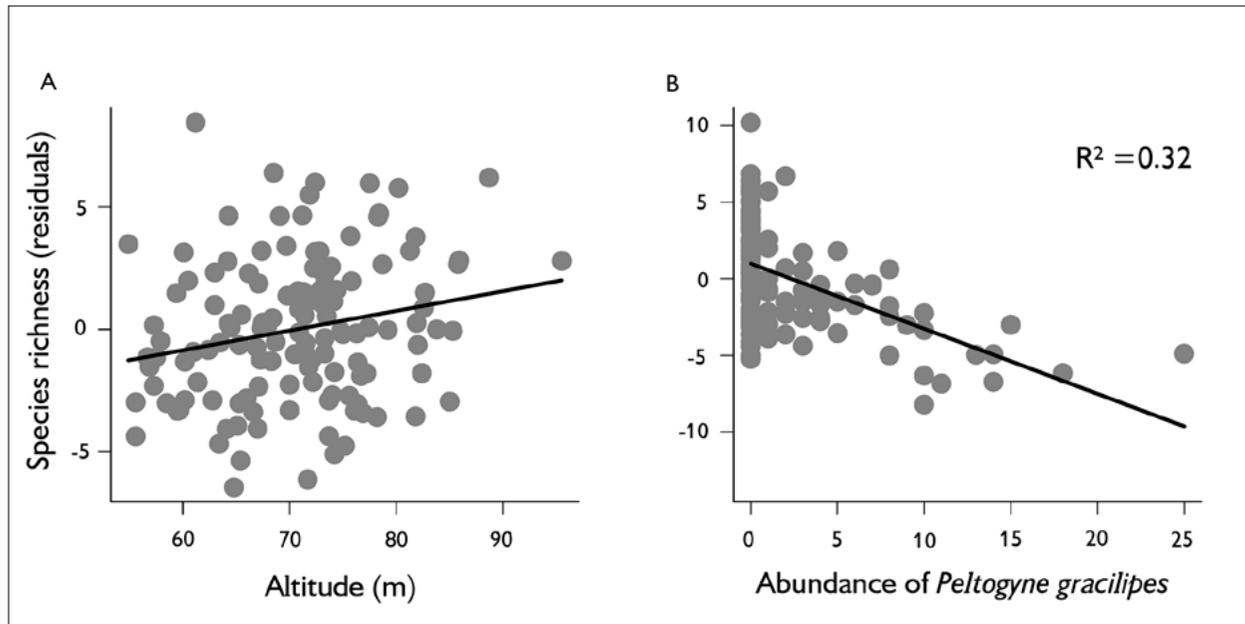


Figure 3. Relationship between species richness and (A) average altitude and (B) abundance of *Peltogyne gracilipes* in an ecotonal landscape in Northern Brazilian Amazonia. Each point represents one sampling plot ($n = 129$). Lines represent regression fits.

on the prevalence of this species, monodominance can result, as discussed by Nascimento and Proctor (1997) and Milliken and Ratter (1998).

EFFECT OF ENVIRONMENTAL VARIABLES AND ABUNDANCE OF *P. GRACILIPES* ON SPECIES RICHNESS

Our results showed that altitude, used as a topographic proxy for risk of seasonal flooding, and the abundance of *P. gracilipes* control tree species richness in the studied area. The positive effect of altitude on species richness is related to the fact that bottomlands have greater hydro-edaphic restrictions (hydromorphic; sum of bases-poor soils), as also observed by Nascimento et al. (2017) and Villacorta (2017).

Our analyses are similar to those of other studies performed in different regions of tropical forest, which indicated that environments with greater hydro-edaphic restrictions tend to have lower species richness (Jones et al., 2008; J. Silva et al., 2010; Mosquera & Hurtado, 2014). For instance, in an ecotone area between Brazilian Amazonia and

'Cerrado' (savanna), Elias et al. (2019) also reported that tree species richness is related to topography, indicating that hydric restrictions function as a filter to species in environments of sandy soils. Likewise, Lozada et al. (2012) indicated that environments with poorly drained soils in eastern Venezuela can generate restrictive hydric conditions which reduce local species richness and contribute to the formation of monodominance. This observation is similar to that found in our study area, where environments with greater hydro-edaphic restrictions featured higher abundance of *P. gracilipes*, which often achieved monodominance (sensu Connell & Lowman, 1989).

In this context, we suggest that monodominant aggregations of *P. gracilipes* individuals in eastern Maracá Island tend to exclude other tree species through competitive interactions (e.g. tolerance to seasonal anoxia), optimizing its growth and survival in environments with greater hydro-edaphic restrictions. As *P. gracilipes* is a slow-growing species (Carvalho, 2014), it could have greater fitness under these conditions by being able to accumulate biomass under low

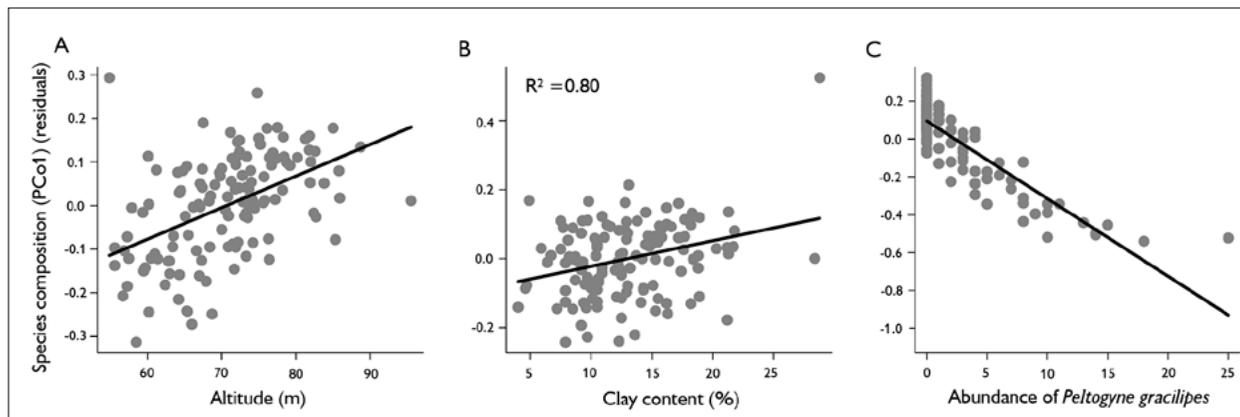


Figure 4. Relationship between species composition and (A) average altitude, (B) clay content and (C) abundance of *Peltogyne gracilipes* in an ecotonal landscape in Northern Brazilian Amazonia. Each point represents one sampling plot ($n = 129$). Lines represent regression fits.

soil nutrient levels (e.g. low sum of bases) which tend to exclude most tree species also occurring in this area. A plausible explanation is that fitness differences among species can negatively impact species richness because abundant soil nutrients are not necessarily available equally to all plants, as pointed by Chesson (2000). Therefore, the forests of eastern Maracá indicate to be an example of how species richness can vary significantly in environments with small differences in soil nutrient contents, and where the flooding seasonality seems to be the determining factor for a species (*P. gracilipes*) can achieve dominance of the environment through competitive exclusion.

EFFECT OF ENVIRONMENTAL VARIABLES AND ABUNDANCE OF *P. GRACILIPES* ON SPECIES COMPOSITION

Tree species composition in eastern Maracá Island was related to the same predictors of species richness, varying as a function of the risk of seasonal flooding. These findings indicate that bottomlands with lower Clay content favour the survival of specialist species (*P. gracilipes*), contrary to uplands, where species composition is more diversified, as also observed by Nascimento and Proctor (1997) and W. Silva et al. (2019b).

In western Amazonia, the effect of topography on tree species composition was explained by Valencia et al. (2004) and Moser et al. (2014), who concluded that the topographic gradient imposes a restriction on species composition, even though most species are generalist relative to topographic variation. In Central Amazonia, Kinupp and Magnusson (2005) described that topography and a suite of variables (e.g. soil texture, water table depth and frequency of floods) restrict certain species to lower altitudes, although most species occurred both in bottomlands and uplands, even when species groups were analyzed separately. Similarly, Toledo et al. (2017) analyzed the effect of ecological characteristics separately and concluded that soil Clay content was responsible for 50% of the variation in species composition along the altitude gradient in Reserve Ducke, Central Amazonia. This observation is analogous to that by Damasco et al. (2013), who showed that soil Clay content was one of the most important predictors of tree species diversity in an ecotone area between ombrophilous forest and 'campinarana' open forest in the Viruá National Park, Northern Amazonia. Our study indicated that the altitude (a topographic proxy for risk of seasonal flooding) can be seen as an important predictor for determining the species composition in the ecotone forests of eastern Maracá, because it has a synergistic effect with both fertility and soil texture,

especially Clay content (Appendix 1). Different types of environments characterized by seasonal flooding are seen as important factors that support distinctions in the tree species composition in the Amazon (Assis et al., 2015; Alemán et al., 2019). However, the seasonal flooding should not be seen as a single environmental filter predicting tree species composition in Maracá.

Studies on different tropical forests (Peh et al., 2011a, 2011b; Marimon-Junior et al., 2019) have suggested that the clustering of specialist species is not conditioned by a single factor, but rather by a suite of environmental filters of different types (chemical, physical and biological) which favour species dominance. For instance, Marimon et al. (2001a, 2001b) showed that higher Mg:Ca ratio and higher micronutrients (Fe^{+2} and Mn^{+2}) contents in the soil were responsible for the dominance by *Brosimum rubescens* (Moraceae), a tree species which prevails in environments considered unfavourable to other species due to chemical toxicity. An effect of Fe^{+2} was also observed by Lozada et al. (2012) in forests of eastern Venezuela which are dominated by *Mora excelsa* (Leguminosae). Iron (Fe^{+2}) is a micronutrient of high content in the seasonally flooded soils of Maracá in which it could reach toxic levels to some tree species, but does not indicate any negative effect on *P. gracilipes* (Villacorta, 2017). In this light, our results in Maracá suggest that species composition is a complex synergism between hydro-edaphic restrictions, and distinctive abundances of *P. gracilipes*, where sites at lower altitudes, poorly drained and clay-poor soils have as characteristic species composition dominated by *P. gracilipes* (monodominance). Therefore, altitude assumes the role of driver of species composition modulate by different abundances of *P. gracilipes*, considering its synergistic role in the allocation of nutrients, soil texture and hydraulic conditions (seasonal flooding) in ecotone forests in eastern of Maracá Island.

CONCLUSION

Tree species richness and composition in ecotone forests in eastern of Maracá Island, Northern Brazilian Amazonia,

respond primarily to the same environmental filters, i.e. altitude (topographic proxy for indicate risk of seasonal flooding) associated with texture (Clay content) and soil fertility (micronutrients and sum of bases). These finds indicate that hydro-edaphic restrictions are the drivers of environmental heterogeneity in the studied ecotone forests, with direct and indirect effects through the different abundances of *P. gracilipes*. Our results support the hypothesis that both abiotic filters (e.g. poorly drained soils) and biotic interactions (e.g. monodominant stands of *P. gracilipes*) shape the studied tree communities. *Peltogyne gracilipes* can be considered an indicator species of hydro-edaphic conditions, but also is itself a driver of tree community structure, distinguishing forest types where it occurs under lower (positive effect on species richness and composition) or higher (negative effect) abundance.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the projects (i) "Crescimento e mortalidade de árvores em florestas ecotonais de Roraima: efeito das condicionantes ambientais e da variabilidade climática" (Proc. CNPq 403591/2016-3), (ii) SavFloRR - "Ecologia e Manejo dos Recursos Naturais das Savanas e Florestas de Roraima" (Projeto Institucional PPI-INPA 015/122) and (iii) Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia dos Serviços Ambientais da Amazônia (INCT ServAmb - Proc. FAPEAM/CNPq). W.R.S. and H.L.S.F. were supported by postgraduate fellowships from PELD Program (CNPq/CAPES/FAPs/BC-Fundo Newton; Proc. n. 441575/2016-1). Organization of American States (OAE) provided a fellowship to C.D.A.V. Finally, the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) provided a productivity grant to R.I.B. (Proc. CNPq 304204/2015-3) and a scholarship to R.O.P. (Proc. CNPq 142243/2015- 9), whereas L.C.S.C. and P.A.C.L.P. received fellowships from CAPES-PNPD. The staff of Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), Bruno Campos, Benjamin Luz and Marcelo Carvalho, provided logistic support in Maracá, as well as official permits for this study (Authorization ICMBio, number 52071).

REFERENCES

- Alemán, L. A. B., Barbosa, R. I., Fernández, I. M., Carvalho, L. C. S., Barni, P. E., . . . & Pérez, N. E. A. (2019). Edaphic factors and flooding periodicity determining forest types in a topographic gradient in the northern Brazilian Amazonia. *International Journal of Plant & Soil Science*, 28(6), 1-11. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2019/v28i630127>
- Almeida, C. A., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Adami, M., Venturieri, A., & Gomes, A. R. (2016). High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, 46(3), 291-302. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>
- Assis, R. L., Haugaasen, T., Schöngart, J., Montero, J. C., Piedade, M. T. F., Wittmann, F., & Woods, K. (2015). Patterns of tree diversity and composition in Amazonian floodplain paleovárzea forest. *Journal of Vegetation Science*, 26(2), 312-322. <https://doi.org/10.1111/jvs.12229>
- Baldeck, C. A., Harms, K. E., Yavitt, J. B., John, R., Turner, B. L., . . . & Dalling, J. W. (2013). Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1753), 20122532. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2532>
- Barbosa, R. I. (1997). Distribuição das chuvas em Roraima. In R. I. Barbosa, E. F. G. Ferreira & E. G. Castellon (Ed.), *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima* (pp. 325-335). Editora INPA.
- Barbosa, R. I., Campos, C., Pinto, F., & Fearnside, P. M. (2007). The "Lavrados" of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. *Functional Ecosystems and Communities*, 1(1), 29-41.
- Barbosa, R. I., Villacorta, C. D., Silva, W. R., & Carvalho, L. C. S. (2019). Soil analysis data for the eastern of Maracá Island, northern Brazilian Amazonia (Vol. 2). *Mendeley Data*. <http://doi.org/10.17632/gfw5ccbrsz.2>
- Barni, P. E., Pereira, V. B., Manzi, A. O., & Barbosa, R. I. (2015). Deforestation and forest fires in Roraima and their relationship with phytoclimatic regions in the Northern Brazilian Amazon. *Environmental Management*, 55(5), 1124-1138. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0447-7>
- Barni, P. E., Barbosa, R. I., Xaud, H. A. M., Xaud, M. R., & Fearnside, P. M. (2020). Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 32, 439-456. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-52769>
- Barron, A. R., Wurzbürger, N., Bellenger, J. P., Wright, S. J., Kraepiel, A. M. L., & Hedin, L. O. (2009). Molybdenum limitation of asymbiotic nitrogen fixation in tropical forest soils. *Nature Geoscience*, 2, 42-45. <https://doi.org/10.1038/ngeo366>
- Bohlman, S. A., Laurance, W. F., Laurance, S. G., Nascimento, H. E. M., Fearnside, P. M., & Andrade, A. (2008). Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science*, 19(6), 863-874. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18463>
- Breheeny, P., & Burchett, W. (2017). Visualization of regression models using visreg. *The R Journal*, 9(2), 56-71.
- Canetti, A., Braz, E. M., Mattos, P. P., Figueiredo-Filho, A., & Basso, R. O. (2019). Tree strata structure in an ecotone among the Amazon forest types: a comparative study. *Forest Science*, 65(6), 693-702. <https://doi.org/10.1093/forsci/afx040>
- Carvalho, L. C. S. (2014). *Ecologia e estrutura filogenética de uma floresta monodominante na Amazônia* [Tese de doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense]. <http://uenf.br/posgraduacao/ecologia-recursosnaturais/wp-content/uploads/sites/7/2015/11/Lidiany-Carvalho-TESE-2014.pdf>
- Carvalho, L. C. S., Fearnside, P. M., Nascimento, M. T., & Barbosa, R. I. (2018). Amazon soil charcoal: Pyrogenic carbon stock depends of ignition source distance and forest type in Roraima, Brazil. *Global Change Biology*, 24(9), 4122-4130. <https://doi.org/10.1111/gcb.14277>
- Castilho, C. V., Schiatti, J., Freitas, M. A., Araújo, M. C., Coelho, F., Magnusson, W., & Costa, F. (2014). *Manual para medição e marcação de árvores em grades e módulos RAPELD do PPBio*. https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/Protocolo_estrutura_vegetacao_2014_0.pdf
- Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 343-366. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.343>
- Connell, J. H., & Lowman, M. D. (1989). Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. *American Naturalist*, 134(1), 88-119. <https://doi.org/10.1086/284967>
- Costa, F. R. C., Zuanon, J. A. S., Baccaro, F. B., Almeida, J. S. D., Menger, J. D. S., . . . & Castilho, C. V. D. (2020). Effects of climate change on Central Amazonian forests: a two decades synthesis of monitoring tropical biodiversity. *Oecologia Australis*, 24(2), 317-335. <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2402.07>
- Costa, F. V., Costa, F. R. C., Magnusson, W. E., Franklin, E., Zuanon, J., . . . & Espírito-Santo, H. (2015). Synthesis of the first 10 years of long-term ecological research in Amazonian forest ecosystem - Implications for conservation and management. *Natureza e Conservação*, 13(1), 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.03.002>
- Couto-Santos, F. R., Luizão, F. J., & Carneiro-Filho, A. (2014). The influence of the conservation status and changes in the rainfall regime on forest-savanna mosaic dynamics in Northern Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, 44(2), 197-206. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000200005>

- Damasco, G., Vicentini, A., Castilho, C. V., Pimentel, T. P., & Nascimento, H. E. M. (2013). Disentangling the role of edaphic variability, flooding regime and topography of Amazonian white-sand vegetation. *Journal of Vegetation Science*, 24(2), 384-394. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01464.x>
- Desjardins, T., Carneiro-Filho, A., Mariotti, A., Chauvel, A., & Girardin, C. (1996). Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during the Holocene revealed by stable isotope ratios of soil organic carbon. *Oecologia*, 108, 749-756. <https://doi.org/10.1007/BF00329051>
- Elias, F., Marimon Junior, B. H., De Oliveira, F. J. M., De Oliveira, J. C. A., & Marimon, B. S. (2019). Soil and topographic variation as a key factor driving the distribution of tree flora in the Amazonia/Cerrado transition. *Acta Oecologica*, 100, 103467. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.103467>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2011). *Manual de métodos de análise de solo*. EMBRAPA Solos. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104933/1/Manual-de-Mtodos-de-Analise-de-Solo.pdf>
- Fearnside, P. M. (2013). Serviços ambientais provenientes de florestas intactas, degradadas e secundárias na Amazônia brasileira. In C. A. Peres, T. A. Gardner, J. Barlow & I. C. G. Vieira (Eds.), *Conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil* (pp. 26-57). Editora da Universidade Federal do Paraná.
- Figueiredo, F. O. G., Zuquim, G., Tuomisto, H., Moulatlet, G. M., Balslev, H., & Costa, F. R. C. (2018). Beyond climate control on species range: The importance of soil data to predict distribution of Amazonian plant species. *Journal of Biogeography*, 45(1), 190-200. <https://doi.org/10.1111/jbi.13104>
- Fine, P. A., Daly, D. C., & Cameron, K. M. (2005). The contribution of edaphic heterogeneity to the evolution and diversity of Burseraceae trees in the Western Amazon. *Evolution*, 59, 1464-1478.
- ForestPlots.NET. (n.d.). <https://www.forestplots.net/>
- Gale, N., & Barfod, A. S. (1999). Canopy tree mode of death in a western Ecuadorian rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 15(4), 415-436. <https://doi.org/10.1017/S0266467499000929>
- Gomes, V. H. F., Sd, I. J., Raes, N., Amaral, I. L., Salomão, R. P., . . . & Ter Steege, H. (2018). Species distribution modelling: contrasting presence-only models with plot abundance data. *Scientific Reports*, 8(1), 1003. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18927-1>
- Householder, J. E., Schöngart, J., Piedade, M. T. F., Junk, W. J., ter Steege, H., . . . & Wittmann, F. (2021). Modeling the ecological responses of tree species to the flood pulse of the Amazon Negro River floodplains. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 628606. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.628606>
- Hufkens, K., Scheunders, P., & Ceulemans, R. (2009). Ecotones in vegetation ecology: methodologies and definitions revisited. *Ecological Research*, 24(5), 977-986. <https://doi.org/10.1007/s11284-009-0584-7>
- Jones, M. M., Tuomisto, H., Borcard, D., Legendre, P., Clark, D. B., & Olivas, P. C. (2008). Explaining variation in tropical plant community composition: Influence of environmental and spatial data quality. *Oecologia*, 155, 593-604. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0923-8>
- Kaspari, M., Garcia, M. N., Harms, K. E., Santana, M., Wright, S. J., & Yavitt, J. B. (2008). Multiple nutrients limit litterfall and decomposition in a tropical forest. *Ecology Letters*, 11(1), 35-43. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01124.x>
- Kinupp, V. F., & Magnusson, W. E. (2005). Spatial patterns in the understorey shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 363-374. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002440>
- Le Clec'h, S., Dufour, S., Bucheli, J., Grimaldi, M., Huber, R., . . . & Oszward, J. (2019). Uncertainty in ecosystem services maps: the case of carbon stocks in the Brazilian Amazon forest using regression analysis. *One Ecosystem*, 4, e28720. <https://doi.org/10.3897/oneeco.4.e28720>
- Legendre, P., & Legendre, L. F. J. (2012). *Numerical ecology* (3th ed.). Elsevier.
- Lozada, J., Soriano, P., & Costa, M. (2012). Bosques de Mora (*Mora excelsa* Benth.) en la Reserva Forestal Imataca, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 56, 155-166.
- Marimon, B. S., Felfili, J. M., & Haridasan, M. (2001a). Studies in monodominant forests in Eastern Mato Grosso, Brazil: I. A Forest of *Brosimum rubescens* Taub. *Edinburgh Journal of Botany*, 58(1), 123-137. <https://doi.org/10.1017/S096042860100049X>
- Marimon, B. S., Felfili, J. M., & Haridasan, M. (2001b). Studies in monodominant forests in Eastern Mato Grosso, Brazil: II. A Forest in the Areões Xavante Indian Reserve. *Edinburgh Journal of Botany*, 58(3), 483-497. <https://doi.org/10.1017/S0960428601000798>
- Marimon-Junior, B. H., Hay, J. D. V., Oliveras, I., Jancoski, H., Umetsu, R. K., . . . & Marimon, B. S. (2019). Soil water-holding capacity and monodominance in Southern Amazon tropical forests. *Plant and Soil*, 450, 65-79. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04257-w>
- Marques, E. Q., Marimon-Junior, B. H., Marimon, B. S., Matricardi, E. A. T., Mews, H. A., & Colli, G. R. (2019). Redefining the Cerrado–Amazonia transition: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*, 29, 1501-1517. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01720-z>

- Milliken, W., & Ratter, J. A. (1998). The vegetation of the Ilha de Maracá. In W. Milliken & J. A. Ratter (Ed.), *Maracá: the biodiversity and environment of an Amazonian rainforest* (pp. 71-112). Wiley.
- Moser, P., Oliveira, W. L., Medeiros, M. B., Pinto, J. R., Eisenlohr, P. V., . . . & Simon, M. F. (2014). Tree species distribution along environmental gradients in an area affected by a hydroelectric dam in Southern Amazonia. *Biotropica*, 46(3), 367-376. <https://doi.org/10.1111/btp.12111>
- Mosquera, H. Q., & Hurtado, F. M. (2014). Diversidad florística arbórea y su relación con el suelo en un bosque pluvial tropical del chocó biogeográfico. *Revista Árvore*, 38(6), 1123-1132. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000600017>
- Nascimento, M. T., & Proctor, J. (1997). Soil and plant changes across a monodominant rain forest boundary on Maraca Island, Roraima, Brazil. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6(5), 387-395. <https://doi.org/10.2307/2997339>
- Nascimento, M. T., Barbosa, R. I., Villela, D. M., & Proctor, J. (2007). Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests. *Plant Ecology*, 192(2), 181-191. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9303-z>
- Nascimento, M. T., Barbosa, R. I., Dexter, K. G., Castilho, C. V., Carvalho, L. C. S., & Villela, D. M. (2017). Is the *Peltogyne gracilipes* monodominant forest characterised by distinct soils? *Acta Oecologica*, 85, 104-107. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.10.001>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., . . . & Wagner, H. (2015). Package 'vegan' - Community Ecology Package. *R News*, 8, 48-50.
- Oliveira, R. S., Costa, F. R. C., van Baalen, E., De Jonge, A., Bittencourt, P. R., . . . & Poorter, L. (2019). Embolism resistance drives the distribution of Amazonian rainforest tree species along hydro-topographic gradients. *The New Phytologist*, 221(3), 1457-1465. <https://doi.org/10.1111/nph.15463>
- Oliveira-Filho, A. T., Dexter, K. G., Pennington, R. T., Simon, M. F., Bueno, M. L., & Neves, D. M. (2021). On the floristic identity of Amazonian vegetation types. *Biotropica*, 53(3), 767-777. <https://doi.org/10.1111/btp.12932>
- Ometto, J. P., Aguiar, A. P., Assis, T., Soler, L., Valle, P., . . . & Meir, P. (2014). Amazon forest biomass density maps: tackling the uncertainty in carbon emission estimates. *Climatic Change*, 124(3), 545-560. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1058-7>
- Peh, K. S., Sonke, B., Lloyd, J., Quesada, C. A., & Lewis, S. L. (2011a). Soil does not explain monodominance in a Central African tropical forest. *PLoS one*, 6(2), e16996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016996>
- Peh, K. S. H., Lewis, S. L., & Lloyd, J. (2011b). Mechanisms of monodominance in diverse tropical tree-dominated systems. *Journal of Ecology*, 99(4), 891-898. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01827.x>
- Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). (n.d.). <https://ppbio.inpa.gov.br/sitios/maraca>
- Quesada, C. A., Lloyd, J., Schwarz, M., Patiño, S., Baker, T. R., . . . & Paiva, R. (2010). Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7, 1515-1541. <https://doi.org/10.5194/bg-7-1515-2010>
- Quesada, C. A., Phillips, O. L., Schwarz, M., Czimczik, C. I., Baker, T. R., . . . & Lloyd, J. (2012). Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. *Biogeosciences*, 9(6), 2203-2246. <https://doi.org/10.5194/bg-9-2203-2012>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Ramírez-Narváez, P. N. (2017). *Efeito dos parâmetros biométricos e da altitude em estimativas da biomassa de raízes grossas de árvores em florestas do ecótono norte da amazônia brasileira* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Roraima].
- Reflora. (2020). *Herbário Virtual*. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>
- Robison, D. M., & Nortcliff, S. (1991). Os solos da reserva de Maracá, Roraima: segunda aproximação. *Acta Amazonica*, 21, 409-424. <https://doi.org/10.1590/1809-43921991211424>
- Santos, N. M. C., Vale Júnior, J. F., & Barbosa, R. I. (2013). Florística e estrutura arbórea de ilhas de mata em áreas de savana do norte da Amazônia brasileira. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 8(2), 205-221.
- Silva, J. S. B., Montoya, Á. J. D., López, D. C., & Hurtado, F. H. M. (2010). Variación florística de especies arbóreas a escala local en un bosque de tierra firme en la Amazonia colombiana. *Acta Amazonica*, 40(1), 179-188. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100023>
- Silva, W. R., Villacorta, C. D. A., Carvalho, L. C. S., Farias, H. L. S., Perdiz, R. O., & Barbosa, R. I. (2020). Tree species composition in ecotone forests of the eastern Maracá Island, Roraima, northern Brazilian Amazonia: preliminary data. *SiBBr - Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira*. <https://doi.org/10.15468/xa5lrb>
- Silva, W. R., Villacorta, C. D. A., Farias, H. L. S., Carvalho, L. C. S., & Barbosa, R. I. (2019a). Biometric data of arboreal individuals from ecotonal forests in eastern Maracá Island, northern Brazilian Amazonia (Vol. 2). *Mendeley Data*. <https://doi.org/10.17632/gfw5ccbrsz.2>

- Silva, W. R., Villacorta, C. D. A., Perdiz, R. O., Farias, H. L. S., Oliveira, A. S., Citó, A. C., Carvalho, L. C. S., & Barbosa, R. I. (2019b). Floristic composition in ecotone forests in northern Brazilian Amazonia: preliminary data. *Biodiversity Data Journal*, 7, e47025. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e47025>
- Sousa, T. R., Schiatti, J., Souza, F. C., Esquivel-Muelbert, A., Ribeiro, I. O., . . . & Costa, F. R. C. (2020). Palms and trees resist extreme drought in Amazon forests with shallow water tables. *Journal of Ecology*, 108(5), 2070-2082. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13377>
- Sperotto, R. A., Ricachenevsky, F. K., Williams, L. E., Vasconcelos, M. W., & Menguer, P. K. (2014). From soil to seed: micronutrient movement into and within the plant. *Frontiers in Plant Science*, 5, 438. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00438>
- Tejada, G., Görgens, E. B., Ovando, A., & Ometto, J. P. (2020). Mapping data gaps to estimate biomass across Brazilian Amazon forests. *Forest Ecosystems*, 7(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00228-1>
- Ter Steege, H., Henkel, T. W., Helal, N., Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., . . . , & Melgaco, K. (2019). Rarity of monodominance in hyperdiverse Amazonian forests. *Scientific Reports*, 9(1), 13822. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50323-9>
- Ter Steege, H., Prado, P. I., Lima, R. A. F., Pos, E., Souza Coelho, L., . . . & Pickavance, G. (2020). Biased-corrected richness estimates for the Amazonian tree flora. *Scientific Reports*, 10(1), 10130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66686-3>
- The Angiosperm Phylogeny Group (APG) et al. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- The Brazil Flora Group (BFG) et al. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, 66(4), 1085-1113. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>
- Thiers, B. (2020 [continuously updated]). *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- Toledo, J. J., Castilho, C. V., Magnusson, W. E., & Nascimento, H. E. M. (2017). Soil controls biomass and dynamics of an Amazonian forest through the shifting of species and traits. *Brazilian Journal of Botany*, 40, 451-461. <https://doi.org/10.1007/s40415-016-0351-2>
- Vale, J. D., & Romero, R. L. (2015). *Coordenadas geográficas das 30 parcelas permanentes na Estação Ecológica de Maracá*. Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). <https://ppbiodata.inpa.gov.br/metacat/metacat/menger.192.1/default>
- Valencia, R., Foster, R. B., Villa, G., Condit, R., Svenning, J.-C., . . . & Balslev, H. (2004). Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern Ecuador. *Journal of Ecology*, 92(2), 214-229. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00876.x>
- Villacorta, C. D. A. (2017). *Condicionantes edáficas para a monodominância do gênero Peltogyne (Fabaceae) na Ilha de Maracá, Roraima, norte da Amazônia brasileira* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Roraima].
- Zuleta, D., Russo, S. E., Barona, A., Barreto-Silva, J. S., Cardenas, D., . . . & Duque, A. (2020). Importance of topography for tree species habitat distributions in a terra firme forest in the Colombian Amazon. *Plant and Soil*, 450, 133-149. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3878-0>

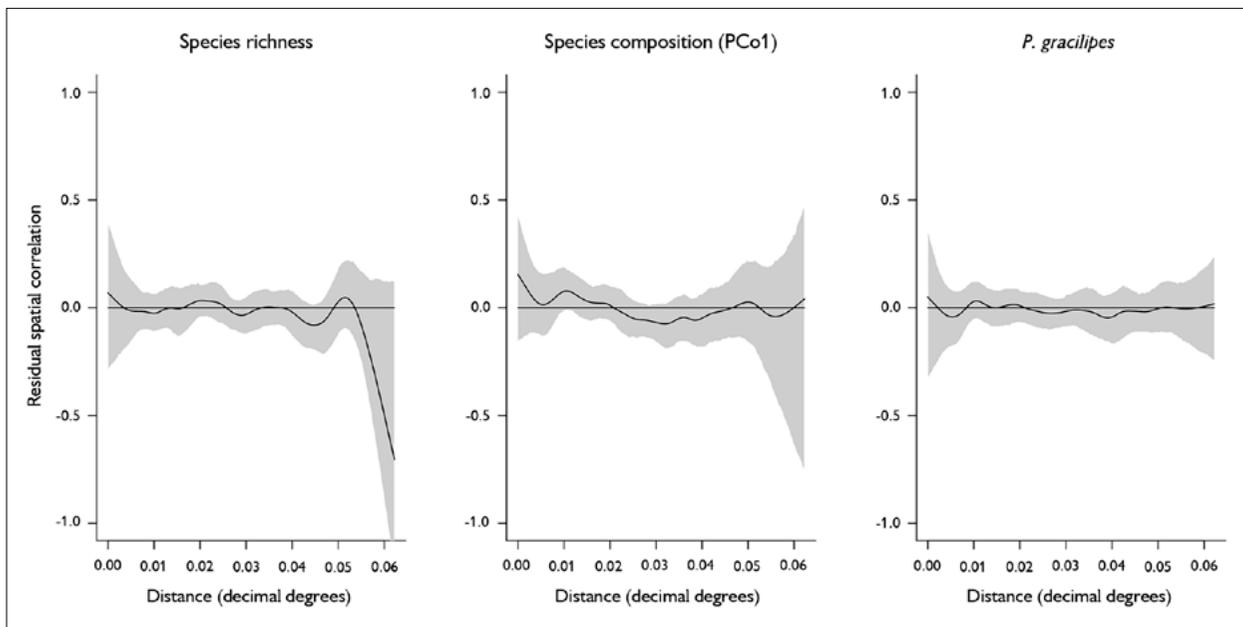
AUTHOR CONTRIBUTIONS

Williamar Silva contributed to conceptualization, methodology, investigation, writing (original draft) and data curation; Pedro Pequeno to formal analysis, validation and writing (reviewing and editing); Hugo Farias to conceptualization, investigation, writing (original draft) and data curation; Valdinar Melo to writing (original draft); Carlos Villacorta to writing (original draft) and data curation; Lidiany Carvalho to conceptualization and methodology; Ricardo Perdiz to writing (original draft) and data curation; Arthur Citó to visualization and writing (original draft); and Reinaldo Barbosa to project administration, funding acquisition, supervision and writing (reviewing and editing).

Appendix 1. Correlation matrix of environmental variables used as predictors in regression models of tree community structure. Numbers in bold indicate statistically significant correlations ($P < 0.05$).

Environmental variables	Altitude	Clay	Base sum	P	Organic matter
Clay	-0.06	-	-	-	-
Base sum	-0.15	0.23	-	-	-
P	-0.19	0.00	-0.05	-	-
Organic matter	-0.43	0.51	0.40	0.15	-
Micronutrients	-0.33	0.39	0.06	0.07	0.52

Appendix 2. Residual spatial correlograms of regression models. The curve represents the estimated spatial correlation with varying distance between plots. The horizontal line indicates the null correlation (zero), and the grey bands indicate the 95% confidence interval. As confidence bands include the null correlation across distances, there is no evidence for significant residual spatial correlation.



Etnobotânica de plantas medicinais na comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará, Brasil

Ethnobotany of medicinal plants in the *quilombola* community of Porto Alegre, Cametá, Pará, Brazil

Hilton Lucas Gonçalves Durão^I  | Kelli Garboza da Costa^{II}  | Monique Medeiros^I 

^IUniversidade Federal do Pará. Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares. Belém, Pará, Brasil

^{II}Universidade Federal do Pará. Campus Universitário do Tocantins/Cametá. Cametá, Pará, Brasil

Resumo: A região amazônica apresenta a maior reserva de produtos naturais com propriedades curativas do planeta. Este artigo tem por objetivo fazer um levantamento etnobotânico de plantas medicinais utilizadas pela comunidade quilombola de Porto Alegre, município de Cametá, Pará. O levantamento foi realizado entre fevereiro e maio de 2019, por meio de observação participante e entrevistas com 20 moradores. Para identificação botânica, as plantas foram coletadas e identificadas por meio de bibliografia especializada. Foram listadas 83 etnoespécies, sendo que 74 foram identificadas e pertencem a 39 famílias botânicas. As famílias mais comuns foram Lamiaceae (11 espécies), Fabaceae (7 espécies) e Rutaceae (5 espécies). As espécies mais citadas foram *Kalanchoe pinnata*, *Dalbergia* sp., *Portulaca pilosa* e *Stryphnodendron adstringens*. O chá é a forma mais comum de preparo, com destaque para o uso das folhas de 57 espécies. As doenças associadas ao aparelho digestivo e respiratório são as mais combatidas com o uso de plantas medicinais na comunidade. Estes resultados apontam que o uso de plantas medicinais possui grande valor sociocultural para a comunidade, sendo as mulheres e os idosos os principais detentores desses valiosos saberes.

Palavras-chave: Amazônia. Conhecimentos tradicionais. Fitoterapia. Remanescentes de quilombo.

Abstract: The Amazon region presents the largest reserve of the planet for natural resources with healing properties. This article is about an ethnobotanical survey of medicinal plants used by the quilombola community of Porto Alegre, municipality of Cametá, Pará, Brazil. The survey was carried out between February and May of 2019 through participant observation and interviews with 20 residents. For botanical identification, the plants were collected and identified with the help of specialized literature. Eighty-three ethno-species were listed, 74 were identified and belong to 39 botanical families. The most common families were: Lamiaceae (11 species), Fabaceae (7 species) and Rutaceae (5 species). The most frequently mentioned species were: *Kalanchoe pinnata*, *Dalbergia* sp., *Portulaca pilosa* and *Stryphnodendron adstringens*. Herbal infusion is the most common form of preparation, with emphasis on the leaves of 57 species. Medicinal plants are mostly used to combat diseases associated with the digestive and respiratory systems in the community. These results indicate that the use of medicinal plants has great sociocultural value for the community, with women and the elderly being the main holders of this valuable knowledge.

Keywords: Amazon. Traditional knowledge. Phytotherapy. *Quilombo* community..

Durão, H. L. G., Costa, K. G., & Medeiros, M. (2021). Etnobotânica de plantas medicinais na comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 245-258. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.191>.

Autor para correspondência: Hilton Lucas Gonçalves Durão. Travessa Fleurides Farias, 767, Nova Cametá. Cametá, PA, Brasil. CEP 68400-000 (hiltonlucas19@gmail.com).

Recebido em 24/09/2019

Aprovado em 23/06/2021

Responsabilidade editorial: Aluisio José Fernandes-Júnior



INTRODUÇÃO

A exploração de espécies vegetais por comunidades quilombolas no Brasil representa importante papel no conhecimento do cultivo e do uso das plantas medicinais (Franco & Barros, 2006; Sales et al., 2009; Vieira et al., 2015). Segundo Dalt & Brandão (2011), a estimativa é de que em todo o país existam mais de três mil comunidades quilombolas, presentes em pelo menos 24 estados. Estudos têm demonstrado que nessas comunidades as plantas medicinais acabam sendo, em muitos casos, a única alternativa para combater as enfermidades, representando o único recurso disponível (Macedo et al., 2007; R. Santos et al., 2013), além de outros benefícios, como a melhoria da renda, com o cultivo e o comércio das plantas, e a melhoria da qualidade de vida, devido ao uso e ao aumento da diversidade do agrossistema (Oliveira, 2008).

O conhecimento das plantas medicinais pode fornecer informações relevantes para determinar o perfil epidemiológico das comunidades quilombolas (Franco & Barros, 2006). Compreender as relações existentes entre essas comunidades e as plantas medicinais é primordial para estabelecer políticas públicas voltadas para estes grupos e direcionar a oferta de serviços de saúde pelo governo, de acordo com as demandas locais (Gadelha et al., 2013). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estimula as comunidades a identificarem suas próprias tradições em relação às terapias e a explorarem práticas seguras e eficazes nos cuidados primários de saúde (Figueredo et al., 2014).

Seguindo a tradição, as plantas medicinais continuam sendo empregadas na medicina popular, no preparo de remédios caseiros, principalmente em comunidades rurais (Costa & Marinho, 2016; J. X. Santos et al., 2016; Vásquez et al., 2014). Este fato deve-se às dificuldades impostas às populações pelos sistemas de saúde, que dificilmente conseguem atendimento médico, ou devido às más condições das estradas e dos transportes públicos para acesso à unidade de saúde (Brito & Senna-Valle, 2011). Na região Norte do Brasil, o uso de remédios caseiros com plantas medicinais é amplamente enraizado nas

comunidades ribeirinhas e quilombolas (Pompeu, 2007; Pinto et al., 2014; Maia et al., 2016; Ferreira et al., 2017; Pereira & Coelho-Ferreira, 2017). A Amazônia, de modo geral, também se destaca por ter a maior reserva de produtos naturais com propriedades curativas do planeta; sua flora desperta o interesse da comunidade científica e de indústrias farmacêuticas, devido à ação medicinal de uma variedade de espécies (Benini et al., 2010).

Os estudos sobre plantas medicinais abrem possibilidades de exploração e melhor aproveitamento dessas espécies, pois favorecem programas de saúde mais adaptados à realidade cultural dos quilombolas, além da valorização do saber tradicional (Franco & Barros, 2006). Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo identificar as espécies medicinais utilizadas pela comunidade quilombola de Porto Alegre, localizada no município de Cametá, Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada na comunidade quilombola de Porto Alegre (2° 26' 08" S e 49° 43' 36" W), situada próximo ao quilômetro 40 da BR-422, às margens do rio Anuerá, no distrito de Juaba, município de Cametá, Pará, mesorregião do nordeste paraense (Portaria n. 2876 do ITERPA, 2010) (Figura 1). O município de Cametá possui uma população estimada em 136.190 habitantes, com área territorial de 3.081 km², situada entre as coordenadas 02° 14' 54" S e 49° 30' 12" W (IBGE, 2017). A vegetação predominante na região é representada por floresta equatorial subperenifólia, campinarana, floresta equatorial hidrófila de várzea, campos equatoriais e manguezal, ocorrendo, ainda, vegetação secundária (capoeiras), resultante da ação antrópica em atividades agrícolas, extrativas e madeireiras (IBGE, 2008; FAPESPA, 2015).

Em 2007, a comunidade de Porto Alegre recebeu o título de reconhecimento de domínio coletivo emitido pelo Instituto de Terras do Pará (ITERPA) e, em 2010,

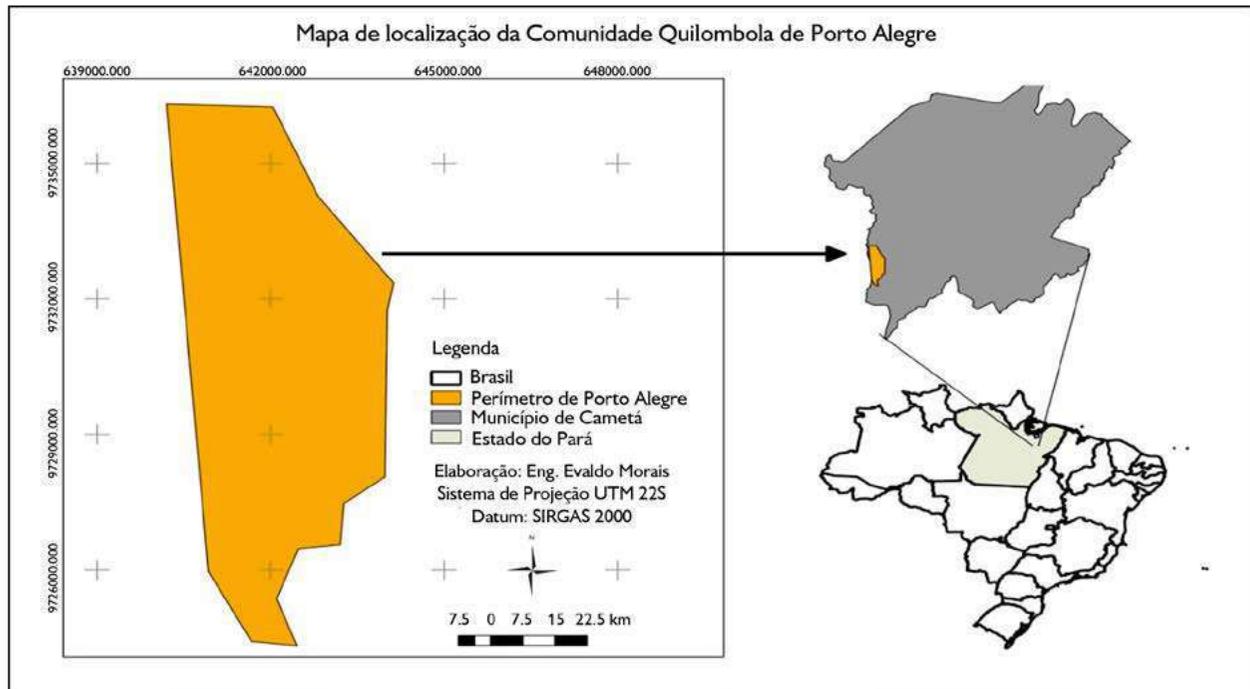


Figura 1. Mapa de localização geográfica da comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará. Mapa: E. Moraes (2019).

por meio do mesmo instituto, foi constituído o Território Estadual Quilombola de Porto Alegre. A principal fonte de renda dos moradores desse território é oriunda da agricultura familiar, uma forma de agricultura pautada em uma dinâmica cuja ordem moral torna indissociáveis o trabalho, a família e a terra, além de remeter diretamente à transmissão do patrimônio material e cultural (Ploeg, 2008). A produção de mandioca ganha destaque como fonte de segurança alimentar e de renda para distintas famílias dessa comunidade (Durão et al., 2018). De acordo com Durão et al. (2018), 88% dos agricultores e agricultoras dessa comunidade complementam sua renda com auxílios do governo, como o Programa Bolsa Família. Porto Alegre compreende uma área de 2.858,7 hectares (Portaria n. 2876 do ITERPA, 2010), com uma população estimada em 400 habitantes, sendo 90 famílias distribuídas em 80 residências (NUPINQ, 2018). Em uma pesquisa desenvolvida nessa mesma comunidade, O. Dias et al. (2020), ao entrevistarem 20 mulheres quilombolas,

identificaram que o hábito do cultivo de plantas medicinais nos quintais agroflorestais é uma prática de grande importância em Porto Alegre. Ainda de acordo com esses autores, 29% das entrevistadas indicaram que seus quintais são, majoritariamente, para uso medicinal, com a fabricação de remédios caseiros, o que evidencia ainda mais que essas famílias continuam conservando o uso e a crença de plantas medicinais e demonstram um amplo conhecimento em relação ao preparo de remédios caseiros.

COLETA DE DADOS

O levantamento etnobotânico foi realizado por meio de observação participante e de entrevistas, que continham perguntas abertas e fechadas (Albuquerque et al., 2010). O roteiro das entrevistas abordava o conhecimento dos entrevistados sobre informações de plantas medicinais, como nome popular das plantas utilizadas no preparo de remédios, local de obtenção das espécies (quintal, mata, várzea etc.), modos de preparo, parte utilizada

e enfermidades combatidas. Também contemplava aspectos socioeconômicos, como profissão, religião, principal fonte de renda e estrutura familiar.

O trabalho foi realizado entre os meses de fevereiro e maio de 2019, quando foram entrevistadas 20 pessoas, compreendendo uma amostra de vinte famílias, sendo 15 mulheres com idades entre 23 e 85 anos e cinco homens com idades entre 29 e 61 anos. Os informantes foram selecionados a partir da técnica *snowball*, que consiste na indicação em sequência dos informantes, em que um morador indica o próximo, e assim sucessivamente (Bailey, 1982).

Para identificação botânica, os procedimentos de campo e laboratório foram realizados segundo Albuquerque et al. (2010) e CENAFLO (2009). As exsiccatas foram depositadas no Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Pará (UFPA), *campus* universitário do Tocantins/Cametá. As amostras botânicas foram identificadas por comparação com as exsiccatas disponíveis nas plataformas Flora do Brasil (2020) e Tropicos.org (2019), bem como através de consulta a bibliografias especializadas (Lorenzi & Matos, 2008; Matos et al., 2011; Lorenzi, 2015; Lorenzi et al., 2009, 2015). As informações sobre as plantas medicinais identificadas constam de nome popular, nome científico, família botânica e origem. Os dados quali-quantitativos foram sistematizados em tabelas e gráficos, utilizando-se o programa Microsoft Office Excel® (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os entrevistados são naturais do município de Cametá, Pará, entre os quais 55% afirmam ser descendentes de quilombolas, 35% se autodefinem como tal por terem cônjuges quilombolas e 10% desconhecem suas origens. De acordo com Souza (2008), é muito comum nessas comunidades algumas pessoas não se autoafirmarem como quilombolas, visto que o termo não é historicamente apropriado e utilizado pela grande maioria das comunidades, sendo que muitos moradores não se reconhecem por não saberem o significado do termo.

Quanto à ocupação, 60% dos entrevistados se declaram como agricultores familiares, 25% são aposentados por idade, 10% são servidores públicos e 5% exercem atividades autônomas. Eles afirmaram que os saberes adquiridos a respeito do uso de plantas medicinais se constituíram culturalmente de pais para filhos e por troca de experiências com outras comunidades. Apenas uma entrevistada afirmou que já participou de oficinas sobre uso e cultivo de plantas medicinais, por meio da Associação de Apoio a Comunidades Carentes (AAPAC). Segundo M. Dias (2012), esses conhecimentos dos povos amazônicos são intergeracionais, transmitidos oralmente e relacionados diretamente aos seus aspectos culturais e ao uso e manejo dos recursos naturais. Os informantes apontaram as mulheres (60%) e os idosos (30%) como os principais detentores dos conhecimentos sobre plantas medicinais. Fagundes et al. (2017) asseguram que é comum o gênero feminino e as pessoas mais idosas dominarem esses saberes, porque as mulheres, em sua maioria, são as responsáveis pela preparação dos remédios caseiros e pelos cuidados com a saúde da família, e que, por outro lado, os idosos conservam esses conhecimentos tradicionais.

A comunidade de Porto Alegre é, desde o ano de 2016, provida de uma Unidade Básica de Saúde (UBS), cujo corpo técnico é composto por uma enfermeira e uma técnica em enfermagem, além de um agente de saúde. A população possui, no entanto, forte apreço pela utilização de plantas medicinais como práticas complementares de saúde. De acordo com os relatos, a utilização de plantas está baseada no fato de que essas espécies não fazem mal à saúde, além de ser um meio mais barato para o tratamento de doenças e por ser uma tradição familiar e cultural da comunidade. Como podemos observar na entrevista: “. . . é melhor as plantas medicinais, porque é mais fácil de encontrar e os remédios [industrializados] são caros e mais difíceis de adquirir” (mulher, 53 anos, comunicação pessoal, 2019). Em outro relato: “. . . as plantas têm efeito mais rápido porque a gente usa a fé, é um remédio puro, não faz mal pra saúde” (mulher, 72 anos, comunicação pessoal, 2019).

Foram listadas 83 etnoespécies na comunidade de Porto Alegre. Destas, 74 foram identificadas em nível de espécie e estão distribuídas em 39 famílias botânicas. As famílias com maior número de espécies citadas foram Lamiaceae (11 espécies), Fabaceae (7 espécies), Rutaceae (5 espécies), Asteraceae (4 espécies) e Amaranthaceae (4 espécies) (Apêndice). Juntas, reúnem 41% das 74 espécies identificadas. Estas famílias também foram significativas em levantamentos realizados em outras comunidades quilombolas, como no quilombo Sangrador, no estado do Maranhão (Monteles & Pinheiro, 2007), e na comunidade quilombola Tuaré-Açu, no Pará (Pereira & Coelho-Ferreira, 2017).

A espécie pirarucu-branco (*Kalanchoe pinnata*), apontada por 80% dos informantes, foi a mais citada, seguida de verônica (*Dalbergia* sp.), com 70%, amor-crescido (*Portulaca pilosa*) e barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*), ambas com 60% das citações. Essas plantas também foram abundantes em outros levantamentos etnobotânicos realizados na região de integração do baixo Tocantins (D. Santos, 2019; Ferreira et al., 2017). As espécies *K. pinnata* e *P. pilosa*, apesar de não serem originárias do Brasil, são amplamente distribuídas nos trópicos e comumente utilizadas em remédios caseiros na Amazônia (Barata et al., 2009). Na comunidade quilombola de Porto Alegre, essas espécies são cultivadas pelos moradores e suas folhas são utilizadas em chás, maceração ou emplastro para o tratamento de doenças associadas ao aparelho digestivo, bem como ao sistema tegumentar e hepático. Já as espécies *Dalbergia* sp. e *S. adstringens* são nativas do Brasil e utilizadas na comunidade principalmente por mulheres, que extraem as cascas dessas plantas para o preparo de chás e garrafadas (combinação de plantas com bebidas alcoólicas), que ajudam no tratamento de doenças do sistema geniturinário e de doenças associadas ao sangue.

As espécies coletadas estão distribuídas em cinco tipos de hábitos vegetativos, com destaque para as ervas, que são as mais cultivadas, seguidas pelas árvores, comumente utilizadas de forma extrativista, e pelos arbustos (Figura 2).

Igualmente ocorreu na comunidade de Massapê, município de Picuí, Paraíba (Costa & Marinho, 2016), e na comunidade quilombola Tuaré-Açu, no Pará (Pereira & Coelho-Ferreira, 2017). Vásquez et al. (2014) relatam que a predominância de ervas na medicina popular está relacionada ao fato de elas serem cultivadas geralmente em pequenos espaços reservados nos quintais, além disso tendem a investir em compostos secundários de alta atividade biológica, como alcaloides, glicosídeos e terpenoides, ao invés de desenvolverem sistemas de defesas estruturais e de alto peso molecular, como taninos e ligninas. Por se tratar de uma comunidade localizada na região amazônica, é evidente a abundância de árvores para usos fitoterápicos, disponíveis nas florestas, às margens do rio, nos caminhos das áreas de roça e nas ruas da comunidade, como é caso do uxizeiro (*Endopleura uchi*), da sucuba (*Himatanthus articulatus*) e do anuerá (*Licania* sp.).

As plantas medicinais são, em sua maioria, cultivadas nos quintais das residências (de acordo com 72% dos entrevistados), normalmente em vasos com substratos orgânicos. Isso ocorre pela facilidade de acesso ao local e ao hábito vegetativo das espécies presentes nesses quintais, visto que a maioria é composta por ervas. Há também as plantas não cultivadas, como o uxizeiro (*Endopleura uchi*) e a castanheira (*Bertholletia excelsa*), extraídas das matas de terra firme.

Plantas medicinais não cultivadas são também abrigadas em savanas amazônicas, áreas de capoeira e de várzea. Essas áreas de savanas amazônicas, conhecidas pelos moradores por campos de natureza, são definidas como fitofisionomias de formações vegetais abertas, dominadas por um extrato herbáceo (ervas e capins) e extratos arbustivos e/ou arbóreos mais ou menos desenvolvidos (Amaral et al., 2019).

Do total de plantas identificadas, 64% são nativas da flora brasileira e 36% são exóticas e naturalizadas. As espécies cultivadas geralmente são exóticas e possivelmente foram introduzidas no Brasil durante o período colonial, trazidas pelos exploradores europeus e por africanos escravizados

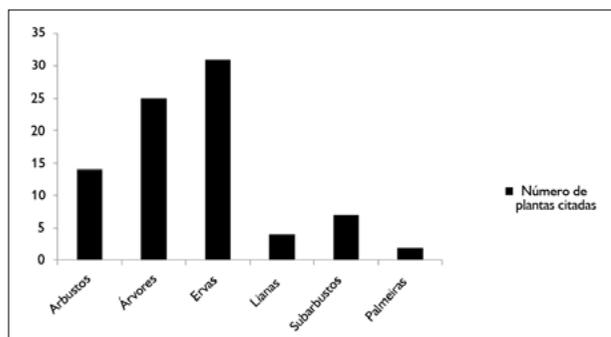


Figura 2. Hábito vegetativo das plantas medicinais coletadas na comunidade de Porto Alegre, Cametá, Pará.

que vinham trabalhar nas lavouras de cana-de-açúcar (Bueno et al., 2016), como é o caso das quatro espécies identificadas do gênero *Mentha*, da família Lamiaceae, que são de origens europeias e asiáticas e que se disseminaram pelas Américas, sofrendo algumas adaptações e hibridações naturais (Garlet et al., 2007). Várias espécies são oriundas do continente africano, entre elas a arruda (*Ruta graveolens*), a babosa (*Aloe vera*) e pirarucu-branco (*K. pinnata*), que foi a espécie mais citada pelos entrevistados. De acordo com Almeida (2011), levantamentos etnomédicos realizados no Brasil demonstram a forte influência da herança cultural africana na medicina popular do país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, devido à diversidade de vegetais trazidos durante os três séculos de tráficos de escravos e que nos dias de hoje ainda são evidentes em comunidades negras rurais.

A parte da planta mais citada para utilização no preparo de remédios caseiros são as folhas (63%), seguidas de cascas do caule (20%) e raízes (9%); as demais partes (caule, flor, fruto e semente, ramos e planta inteira) representam um percentual baixo, totalizando 8%. As folhas e cascas do caule também foram as partes mais citadas em outras comunidades, como no município de Manacapuru, no estado do Amazonas (Vásquez et al., 2014), na comunidade de São Benedito, em Tutóia, no Maranhão (Vieira et al., 2015), e no bairro de Algodual, em Abaetetuba, Pará (Ferreira et al., 2017). De acordo com Borges & Moreira (2016), as folhas são tradicionalmente

as partes mais utilizadas, por causa da facilidade de coleta e de obtenção em quantidade, além de estarem presentes na planta durante a maior parte do ano e também por não impedirem o ciclo de vida do vegetal quando coletadas. Por sua vez, o uso de cascas do caule costuma ser amplamente citado em estudos etnobotânicos na região amazônica, uma vez que são retiradas em abundância de árvores na região e constituem partes de melhor acesso e disponibilidade nas espécies de grande porte presentes na floresta (J. X. Santos et al., 2016; Lima et al., 2014; J. J. Santos et al., 2018).

O modo de preparo dessas espécies é diversificado. Os chás se destacam com 58% das citações, e são feitos tanto por infusão, com predominância das folhas, quanto por decocção, com a utilização de folhas, ramos e cascas. Além dos chás, outros modos de preparo/utilização são realizados, como o banho (18%), a maceração (8%), as garrafadas e os sucos (ambos com 5%), *in natura*, xarope e emplasto (ambos com 2%). Os informantes sempre utilizam combinações de plantas para o preparo de seus remédios, como é o caso do açazeiro (*Euterpe oleracea*), canafixe (*Costus spicatus*) e arranca-pedra (*Phyllanthus niruri*), preparados em um único chá para combater doenças do sistema renal. Uma informante de 77 anos chegou a citar até onze plantas empregadas na composição de uma única garrafada. No entanto, quanto à posologia, não foi observada com rigor a quantidade usada desses remédios caseiros.

Algumas plantas utilizadas pelos moradores da comunidade de Porto Alegre possuem propriedades tóxicas, que precisam ser levadas em consideração quanto ao uso excessivo pela população local, pois as intoxicações provocadas por plantas têm se constituído como um grave problema, sendo a quarta maior causa por intoxicação no Brasil (Matos et al., 2011). Como exemplos de espécies tóxicas, utilizadas em remédios caseiros, identificou-se a maria-sacaca (*Croton cajucara*), a salsa (*Ipomoea asarifolia*) e a coramina (*Pedilanthus tithymaloides*). Apesar de a maria-sacaca possuir propriedades terapêuticas, ela não é recomendada para uso por tempo prolongado, podendo causar danos ao fígado e aos rins (Melo et al., 2002). A salsa e a coramina,

quando ingeridas, podem provocar irritação da boca e garganta, vômitos e diarreia, e o contato com o látex (quando em manuseio de podas) pode causar úlcera de córnea e levar à cegueira (Matos et al., 2011).

Foram registrados 44 doenças e sintomas que são combatidos com o uso de plantas medicinais, entre eles se sobressaem as doenças associadas ao aparelho digestivo, com 19 plantas indicadas. Entre as doenças mais comuns do sistema digestivo, estão as dores de estômago e a diarreia, que atingem principalmente as crianças, possivelmente pelo fato de a comunidade ser desprovida de saneamento básico e de água potável, visto que os moradores utilizam água de poços artesianos, muitas vezes localizados perto de fossas sépticas. Um dos mais importantes aspectos de poluição das águas está relacionado com a contaminação por esgoto doméstico, devido à presença de bactérias e protozoários causadores de doenças intestinais (Silva et al., 2014). Outras doenças com um número expressivo de plantas indicadas são as dos aparelhos respiratório e geniturinário, ambos com indicação de 15 plantas, como se pode observar na Figura 3.

Quanto às contraindicações do uso de remédios caseiros, alguns moradores apenas relataram que existem plantas consideradas 'fortes', que precisam ser diluídas

com mais água no preparo dos chás. Isso demonstra o desconhecimento pelos moradores quanto à ação dos princípios ativos dessas plantas no organismo, além dos efeitos reversos de substâncias tóxicas.

Outro fator observado é a perda de algumas espécies de plantas medicinais. Muitos dos entrevistados têm o conhecimento da propriedade medicinal de algumas plantas, porém não as cultivam ou extraem atualmente, por ter havido perda da espécie no decorrer dos anos ou por essa espécie ter se tornado escassa na floresta, devido ao desmatamento. De acordo com Monteles & Pinheiro (2007), as comunidades tradicionais têm sido historicamente submetidas a intensas transformações socioeconômicas, as quais envolvem o confronto entre saberes e práticas tradicionais e os novos costumes trazidos pelo contato intensificado com a sociedade moderna, acarretando na perda ou no desinteresse por certas tradições.

No caso da comunidade de Porto Alegre, observa-se que os jovens possuem maior contato com culturas urbanas e com medicamentos industrializados, visto que a comunidade é desprovida de escola de ensino médio, fazendo com que a maioria dos jovens migre para cidades próximas, a fim de dar prosseguimento aos estudos.

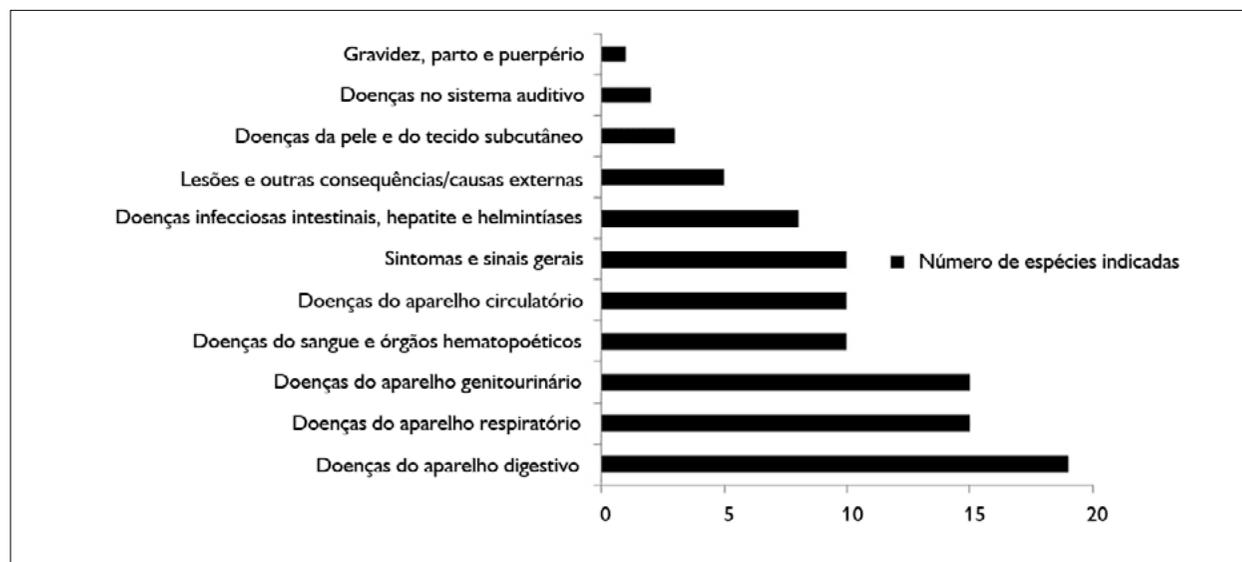


Figura 3. Número de plantas medicinais indicadas para diversas enfermidades registradas na comunidade de Porto Alegre, Cametá, Pará.

Dessa forma, estes apresentam pouco interesse quanto ao conhecimento e ao uso de plantas medicinais. Esse fato se refletiu nas entrevistas, pois nenhum dos entrevistados citou os jovens quando perguntados sobre qual componente familiar se dedica mais aos conhecimentos acerca de plantas medicinais.

CONCLUSÃO

Os informantes da comunidade quilombola de Porto Alegre indicaram que o uso das plantas medicinais é uma importante prática desenvolvida por eles e que a transmissão do conhecimento se caracteriza pelas práticas e trocas de saberes entre familiares de maneira informal. Apesar do acesso à unidade de saúde e a medicamentos, as tradições locais associadas ao povo quilombola ainda persistem de forma bem evidente na população.

Os informantes evidenciaram que algumas espécies merecem atenção especial para medidas de proteção e conservação, devido à atual escassez. Merecem atenção também algumas espécies com propriedades tóxicas para o uso racional e para futuros estudos etnofarmacológicos.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, U. P., Lucena, R. F. P., & Alencar, N. L. (2010). Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. In: U. P. Albuquerque & R. F. P. Lucena (Ed.), *Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos* (pp. 39-64). NUPEEA.

Almeida, M. Z. (2011). *Plantas medicinais*. EDUFBA.

Amaral, D. D., Rocha, A. L., Pereira, J. L. G., & Neto, S. V. C. (2019). Identificação dos subtipos de savanas na Amazônia oriental (Pará e Amapá, Brasil) com uma chave dicotômica de individualização. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 14(2), 183-195. <https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/173>

Bailey, K. D. (1982). *Methods of social research*. Free Press.

Barata, L. E. S., Alencar, A. A. J., & Tamashiro, L. (2009). Plantas medicinais brasileiras. II. *Portulaca pilosa* L. (amor-crescido). *Revista Fitos*, 4(1), 126-128.

Benini, E. B., Sartori, M. A. B., Busch, G. C., Rempel, C., Schultz, G., & Strohschoen, A. A. G. (2010). Valorização da flora nativa quanto ao potencial fitoterápico. *Revista Destaques Acadêmicos*, 2(3), 11-17. <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/73>

Borges, R. M., & Moreira, R. P. M. (2016). Estudo etnobotânico de plantas medicinais no município de Confresa Mato Grosso, Brasil. *Biodiversidade*, 15(3), 68-82.

Brito, M. R., & Senna-Valle, L. (2011). Plantas medicinais utilizadas na comunidade caiçara da Praia do Sono, Paraty, Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 25(2), 363-372. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000200012>

Bueno, M. J. A., Martínez, B. B., & Bueno, J. C. (2016). *Manual de plantas medicinais e fitoterápicas utilizadas na cicatrização de feridas*. Univés.

Centro Nacional de Apoio ao Manejo Florestal (CENAFLO). 2009. *Curso de identificação botânica de espécies arbóreas da região amazônica*. Ministério do Meio Ambiente.

Costa, J. C., & Marinho, M. G. V. (2016). Etnobotânica de plantas medicinais em duas comunidades do município de Picuí, Paraiba, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 18(1), 125-134. http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/15_071

Dalt, S., & Brandão, A. A. (2011). Comunidades quilombolas e processos de formação de identidades no Brasil contemporâneo. *Revista UNIVAP*, 17(29), 41-61. <http://dx.doi.org/10.18066/revunivap.v17i29.12>

Dias, M. N. P. (2012). Saberes tradicionais dos povos amazônicos e meio ambiente: a complexidade da proteção jurídica. *Direito e Política*, 7(3), 2305-2335.

Dias, O. C., Lopes, M. C., Aguiar, A., Medeiros, Tavares, M. F. B., & Tecchio, A. (2020). Quintais agroflorestais amazônicos: o protagonismo das mulheres quilombolas no Baixo Tocantins, PA. *Desenvolvimento Rural Interdisciplinar*, 3(1), 46-73.

Durão, H. L. G., Moraes, C. G., & Moraes, E. G. (2018). Diagnóstico socioeconômico da produção de mandioca na comunidade de Porto Alegre, município de Cametá, Pará. In *Anais do Congresso Brasileiro de Mandioca e Congresso Latinoamericano e Caribenho de Mandioca*, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Fagundes, N. C. A., Oliveira, G. L., & Souza, B. G. (2017). Etnobotânica de plantas medicinais utilizadas no distrito de Vista Alegre, Claro dos Poções – Minas Gerais. *Revista Fitos*, 11(1), 62-80.

Ferreira, L. B., Rodrigues, M. O., & Costa, J. M. (2017). Etnobotânica das plantas medicinais cultivadas nos quintais do bairro de Algodão em Abaetetuba/PA. *Revista Fitos*, 10(3), 254-267. <https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/295>

Figueredo, C. A., Gurgel, I. G. D., & Gurgel Junior, G. D. (2014). A política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos: construção, perspectivas e desafios. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 24(2), 381-400. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312014000200004>



- Flora do Brasil. (2020). Jardim botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
- Franco, E. A. P., & Barros, R. F. M. (2006). Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 8(3), 78-88.
- Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará (FAPESPA). 2015. *Estatística municipal*. <http://www.fapespa.pa.gov.br/>
- Gadelha, C. S., Pinto Junior, V. M., Bezerra, K. K. S., Pereira, B. B. M., & Maracajá, P. P. B. (2013). Estudo bibliográfico sobre o uso de plantas medicinais no Brasil. *Revista Verde*, 8(5), 208-212.
- Garlet, T. M. B., Santos, O. S., Medeiros, S. L. P., Garcia, D. C., & Borcioni, E. I. (2007). Produção e qualidade de óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. *Ciência Rural*, 37(4), 956-962. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000400006>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2008). *Mapa de vegetação da Amazônia Legal*. <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/amazonia-legal.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2017). *Resultado dos dados preliminares do censo agropecuário – 2017*. <https://ibge.gov.br/cidade@>
- Lima, P. G. C., Coelho-Ferreira, M., & Santos, R. S. (2014). A floresta na feira: plantas medicinais do município de Itaituba, Pará, Brasil. *Fragmentos de Cultura*, 24(2), 285-301.
- Lorenzi, H., & Matos, A. (2008). *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas* (2 ed.). Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H. (2009). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H., Lacerda, M. T. C., & Bacher, L. B. (2015). *Frutas nativas exóticas: de consumo in natura*. Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H. (2015). *Plantas para jardim no Brasil: herbáceas, arbustos e trepadeiras*. Instituto Plantarum.
- Macedo, A. F., Oshiiwa, M., & Guarido, C. F. (2007). Ocorrência do uso de plantas medicinais por moradores de um bairro do município de Marília-SP. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 28(1), 123-128.
- Maia, E. S., Booth, M. C., & Proque, D. R. (2016). O uso de plantas medicinais na cidade de Oeiras do Pará: uma prática agroecológica. *Cadernos de Agroecologia*, 10(3), 2236-2241. <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/18013>
- Matos, F. J. A., Lorenzi, H., Santos, L. F. L., Matos, M. E. O., Silva, M. G. V., & Sousa, M. P. (2011). *Plantas tóxicas: estudo de fitotoxicologia química de plantas brasileiras*. Instituto Plantarum.
- Melo, P. S., Duran, N., & Haun, M. (2002). Derivatives of dehydrocrotonin, a diterpene lactone isolated from *Croton cajucara*: cytotoxicity in rat cultured hepatocytes and in V79 cells. *Human & Experimental Toxicology*, 21(5), 281-288. <http://doi.org/10.1191/0960327102ht246oa>
- Monteles, R., & Pinheiro, C. U. B. (2007). Plantas medicinais em um quilombo maranhense: uma perspectiva etnobotânica. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 7(2), 38-48.
- Núcleo de Apoio aos Povos Indígenas, Comunidades Negras e Remanescentes de Quilombos (NUPINQ). (2018). *Atlas das comunidades de remanescentes de quilombo do estado do Pará*. Governo do estado do Pará.
- Oliveira, H. B. (2008). *Estudo etnofarmacológico de plantas medicinais em Rosário da Limeira – MG* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais].
- Pereira, M. G. S., & Coelho-Ferreira, M. (2017). Uso e diversidade de plantas medicinais em uma comunidade quilombola na Amazônia Oriental, Abaetetuba, Pará. *Biota Amazônia*, 7(3), 57-68. <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/2902>
- Pinto, L. N., Flor, A. S. S. O., & Barbosa, W. L. R. (2014). Fitoterapia popular na Amazônia Paraense: uma abordagem no município de Igarapé-Miri, estado do Pará nos anos de 2000 e 2008. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 35(2), 303-309. <https://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/146>
- Ploeg, J. D. V. D. (2008). *Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização*. UFRGS.
- Pompeu, M. C. L. (2007). Resgate e valorização da sabedoria popular de ervas medicinal no Baixo Tocantins (PA). *Agriculturas*, 4(4), 15-17.
- Portaria n. 2876 do Instituto de Terras do Pará (ITERPA) (2010, dezembro 7). Cria o Território Estadual Quilombola (TEQ) Porto Alegre. Belém: Diário Oficial do Estado do Pará.
- Sales, G. P. S., Albuquerque, H. N., & Cavalcanti, M. L. F. (2009). Estudo do uso de plantas medicinais pela comunidade quilombola Senhor do Bonfim – Areia-PB. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 1(1), 31-36.
- Santos, D. C. (2019). *Conhecimento tradicional sobre o uso de plantas medicinais na comunidade de Timbotuba (Curralinho, Pará)* [Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Pará, Cametá].
- Santos, J. J. F., Coelho-Ferreira, M., & Lima, P. G. C. (2018). Etnobotânica de plantas medicinais em mercados públicos da Região Metropolitana de Belém do Pará, Brasil. *Biota Amazônia*, 8(1), 1-9.



- Santos, J. X., Reis, A. R. S., Matos, S. A., Leão, F. M., & Carvalho, J. C. (2016). Caracterização etnobotânica de essências florestais com fins medicinais utilizadas pela etnia Xipaya, no município de Altamira-PA. *Biota Amazônia*, 6(2), 1-8. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p1-8>
- Santos, R. L., Nobre, M. S. C., Guimarães, G. P., Dantas, T. B., Vieira, K. V. M., Felismino, D. C., & Dantas, I. C. (2013). Contaminação fúngica de plantas medicinais utilizadas em chás. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 34(2), 289-293.
- Silva, D. D., Migliorini, R. B., Silva, E. C., Lima, Z. M., & Moura, I. B. (2014). Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(1), 43-52. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014000100005>
- Souza, B. O. (2008). *Aquilombar-se: panorama histórico, identitário e político do Movimento Quilombola Brasileiro* [Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal].
- Tropicos.org. (2019). Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>
- Vásquez, S. P. F., Mendonça, M. S., & Noda, S. N. (2014). Etnobotânica de plantas medicinais em comunidades ribeirinhas do município de Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 44(4), 457-472. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201400423>
- Vieira, L. S., Sousa, R. S., & Lemos, J. R. (2015). Plantas medicinais conhecidas por especialistas locais de uma comunidade rural maranhense. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17(4), 1061-1068. http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/15_009

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Hilton Lucas Gonçalves Durão contribuiu com administração do projeto, escrita (rascunho original), investigação e recursos; Kelli Garboza da Costa com escrita (revisão e edição), supervisão, metodologia e conceituação; e Monique Medeiros com análise formal, escrita (revisão e edição), validação e visualização.



Apêndice. Espécies de plantas, usos medicinais e origem das plantas presentes na comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará.
 Legendas: E = exótica; N = nativa.

(Continua)

Família/Nome científico	Nome popular	Parte utilizada	Modos de preparo	Indicação	Origem
Acanthaceae					
<i>Hemigraphis alternata</i> (Burm. f.) T. Anderson	Trevo-roxo	Folha	Suco	Dor de ouvido	E
<i>Justicia pectoralis</i> var. <i>stenophylla</i> Leonard	Trevinho	Folha	Suco	Dor de ouvido	N
Amaranthaceae					
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Terramicina	Folha	Chá/Banho	Dores no estômago/ Problemas de fígado/ Inflamações	N
<i>Alternanthera</i> sp.	Anador	Planta inteira	Chá	Dores	N
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Mastruz	Folha	Xarope/Suco	Verminoses/pneumonia	N
<i>Pfaffia glomerata</i> (Spreng.) Pedersen	Corrente-branca	Folha	Chá	Diarreia	N
Anacardiaceae					
<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	Caju-do-mato	Casca	Chá	Malária	N
<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	Casca	Xarope	Tosse/Infecção urinária	E
Annonaceae					
<i>Annona muricata</i> L.	Graviola	Folha	Chá	Dores no estômago	E
Apiaceae					
<i>Erungium foetidum</i> L.	Chicória	Raiz	Chá	Gases/Verminoses	N
Apocynaceae					
<i>Himatanthus articulatus</i> (Vahl) Woodson	Sucuuba	Casca e seiva	Chá/Suco	Prisão de ventre	N
<i>Tabernaemontana divaricata</i> (L.) R. BR. ex Roem. & Schult.	Rosa-branca	Folha	Chá	Rins	E
Arecaceae					
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunheria	Raiz	Chá	Rins	N
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaizeiro	Raiz	Chá	Rins	N
Asteraceae					
<i>Acmella oleracea</i> (L.) R. K. Jansen	Jambu	Folha	Chá	Palpitação nervosa	N
<i>Ayapana triplinervis</i> (Vahl) R.M. King & H. Rob.	Japana	Folha	Banho	Infecção intestinal	N
<i>Bidens pilosa</i> L.	Picão ou carrapicho	Raiz e folha	Chá/Banho	Hepatite/Malária	N
<i>Mikania lindleyana</i> DC.	Sicuriçu	Folha	Chá/ Garrafada	Problemas de estômago e fígado	N
Bignoniaceae					
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose	Pau-d'arco	Casca	Chá	Próstata	N



Apêndice.

(Continua)

<i>Fridericia chica</i> (Bonpl.) L.G. Lohmann	Pariri	Folha	Chá	Anemia/Inflamações	N
<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A.H. Gentry	Cipó-alho	Folha	Banho	Gripe e mal olhado (religioso)	N
Boraginaceae					
<i>Symphytum officinale</i> L.	Confrei	Folha	Chá	Problemas de fígado	E
Chrysobalanaceae					
<i>Licania</i> sp.	Anuerá	Casca	Chá	Ameba	N
Caryocaraceae					
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl. Pers.)	Piquiarana	Folha	Maceração	Micoses	N
Combretaceae					
<i>Terminalia catappa</i> L.	Castanhola	Folha	Chá	Dificuldades respiratórias	N
Convolvulaceae					
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Salsa	Folha	Chá	Infecção uterina	N
Costaceae					
<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Canafixe	Folha	Chá	Rins	N
Crassulaceae					
<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	Pirarucu-branco	Folha	Chá/ Maceração	Irritações na pele/ Problemas de fígado/Dor de estômago	E
Euphorbiaceae					
<i>Croton cajucara</i> Benth.	Maria-sacaca	Casca	Chá	Dores no estômago	N
<i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Point.	Coramina	Folha	Chá	Palpitação nervosa	N
Fabaceae					
<i>Dalbergia</i> sp.	Verônica	Casca	Chá/ Garrafada	Anemia/Inflamações/ Hepatite	N
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd	Cumarú	Fruto	Chá	Pneumonia	N
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	Casca	Chá	Tuberculose/Tosse	N
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. Ex Tul) L.P. Queiroz var. <i>ferrea</i>	Jucá	Fruto e casca	Maceração/ Garrafada	Ferimentos (cicatrizante)	N
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	Alçaçoi	Caule	Maceração	Tosse	N
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb	Mata-pasto	Folha	Maceração	Micoses	N
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Casca	Chá	Cólica/Infecção uterina	N
Humiriceae					
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxizeiro	Casca	Chá	Rins	N
Geraniaceae					
<i>Pelargonium zonale</i> L'Hér.	Malva-rosa	Folha	Chá	Gripe	E
Iridaceae					
<i>Eleutherine bulbosa</i> (Mill.) Urb.	Marupáí	Caule	Maceração	Diarreia	N



Apêndice.

(Continua)

Lamiaceae					
<i>Aeollanthus suaveolens</i> Mart. ex Spreng	Catinga-mulata	Folha	Maceração	Epilepsia	N
<i>Mentha aquatica</i> L.	Vergamota	Folha	Chá	Dor de barriga	E
<i>Mentha arvensis</i> L.	Hortelãzinho	Folha e caule	Chá	Gripe	E
<i>Mentha spicata</i> L.	Vique em planta	Folha	Chá	Gripe	E
<i>Mentha X villosa</i> Huds.	Hortelã	Folha	Chá	Cólica/Tosse/Dificuldades respiratórias/Dor de estômago/Vômito	E
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Manjerição	Folha	Banho	Gripe/Tosse	E
<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Favaca	Folha	Chá	Cólicas menstruais	N
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Favacão	Folha	Banho	Gripe	N
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	Ortiga	Folha	Chá/Suco	Dor de barriga/Cólica	E
<i>Plectranthus barbatus</i> Andrews	Boldo	Folha	Chá	Dor de estômago/ Problemas de fígado	E
<i>Pogostemon</i> sp.	Patichouli	Raiz	Banho	Proteção (religioso)	E
Lauraceae					
<i>Persea americana</i> Mill.	Abacateiro	Folha e casca	Chá	Anemia/Fraqueza no corpo	N
Lecythidaceae					
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanheira	Fruto	Água do ouriço	Anemia	N
Malvaceae					
<i>Gossypium herbaceum</i> L.	Algodão	Folha	Suco/ Garrafada	Tosse/Infecção uterina	E
Menispermaceae					
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	Abuta	Raiz	Emplasto	Lesões	N
Myrtaceae					
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	Casca e folhas jovens	Chá	Diarreia	N
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Ameixa	Casca	Chá	Dor de estômago	E
Phyllanthaceae					
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Arranca-pedra	Planta inteira	Chá	Rins	N
Phytolacaceae					
<i>Petiveria alliacea</i> L.	Mucura-caa	Folha	Chá/Banho	Problemas no coração	N
Piperaceae					
<i>Piper cavalcantei</i> Yunck	Elixir-paregórico	Folha	Chá	Dor de barriga	N
Poaceae					
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Capim-santo	Folha	Chá	Pressão baixa	E
Polygalaceae					
<i>Caamembeca spectabilis</i> (DC.) J.F.B. Pastore	Camembeca	Raiz e folha	Chá	Diarreia/Ameba	N



Apêndice.

(Conclusão)

Portulacaceae					
<i>Portulaca pilosa</i> L.	Amor-crescido	Folha	Chá/ Emplasto	Dor de estômago/ Problemas de fígado	E
Rhamnaceae					
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Pau-doce	Casca	Chá	Tosse	E
Rubiaceae					
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	Folha	Chá	Problemas de estômago	E
Rutaceae					
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Lima	Folha	Chá	Palpitação nervosa	E
<i>Citrus latifolia</i> Tanaka	Limão	Folha	Banho	Gripe	E
<i>Citrus</i> sp.	Laranja-da-terra	Folha e fruto	Chá e banho	Gripe e abomina	E
<i>Pilocarpus microphyllus</i> Stapf. ex. Ward.	Jaborandi	Folha	Banho	Gripe/Tosse	N
<i>Ruta graveolens</i> L.	Arruda	Folha	Chá	Acidente vascular cerebral (AVC)	E
Verbenaceae					
<i>Lippia alba</i> (Mill.) N. E. Br.	Cidreira	Folha	Chá	Pressão alta/Insônia	N
<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Rinçhão	Folha	Emplasto	Lesões	N
Xanthorrhoeaceae					
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm f.	Babosa	Folha	Chá/ <i>In natura</i>	Inflamações	E
Zingiberaceae					
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Gengibre	Raiz e folha	Chá	Problemas de visão	E
Não identificadas					
-	Arapareua	Casca	Chá/ Garrafada	Diarreia	
-	Boldinho	Folha	Chá	Dor de estômago/ Problemas de fígado	-
-	Camilitana	Folha	Chá	Dores/Gases	-
-	Curumim	Casca	Suco/ <i>In natura</i>	Sapinho	-
-	Favão	Semente	Maceração	Impigem	-
-	Necrosã	Folha	Chá	Problemas de fígado	-
-	Papagainho	Folha	Chá	Hemorragia	-
-	Pecaconha	Folha	Chá	Calmanete	-
-	Puruã	Folha	Chá	Problemas no coração	-



Geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha, município de João Pessoa, Paraíba, Brasil

Geodiversity of the Nossa Senhora da Penha Chart, João Pessoa, Paraíba, Brazil

Luciano Schaefer Pereira^I  | Thiago da Silva Farias^{II} 

^IInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Campus João Pessoa. João Pessoa, Paraíba, Brasil

^{II}Universidade Federal da Paraíba. Campus João Pessoa. João Pessoa, Paraíba, Brasil

Resumo: Este artigo apresenta a geodiversidade presente na Folha Nossa Senhora da Penha (SB.25-Y-C-III-1-SE), escala 1: 25.000, no município de João Pessoa, Paraíba, de modo a inserir locais de interesse em rotas geoturísticas costeiras. Para tanto, um mapeamento desta geodiversidade e de seu geopatrimônio foi executado através do inventário de locais com relevantes valores. É pertinente, assim, interconectar o patrimônio costeiro ao turismo da área, de modo a incrementar o interesse dos turistas, agora sob o viés da litosfera e da hidrosfera. Geomorfologicamente, o relevo apresenta-se fragmentado em três unidades morfoesculturais: planícies costeiras, planícies aluviais e baixos planaltos, além das vertentes que articulam os baixos planaltos às planícies. Enquanto percurso metodológico, foi necessário um estudo detalhado da literatura quanto às informações geocientíficas e históricas da área e um minucioso trabalho de campo. Foram inventariados e avaliados qualitativamente sete sítios: Foz Primitiva do Rio Jaguaribe, Falésia Inativa Urbana, Terraços Marinheiros Holocênicos Urbanos, Falésia do Cabo Branco, Paleodunas do Altiplano, Arenitos Ferruginosos do Jacarapé e Barra do Gramame. A área mapeada possui potencial para o geoturismo, com conexão à história geológica da Bacia da Paraíba, a última a se separar da África durante a fragmentação do Gondwana, apresentando valiosas feições geológicas, geomorfológicas e hidrológicas.

Palavras-chave: Geopatrimônio. Geoturismo costeiro. Roteiros geoturísticos. Litoral urbano. João Pessoa.

Abstract: This article presents the vision of geodiversity in the Nossa Senhora da Penha Chart (SB.25-Y-C-III-1-SE), scale 1: 25.000, in João Pessoa, Paraíba, in order to insert places of interest on coastal geotouristic routes. A mapping of this geodiversity and its Geoheritage was performed through the inventory of places with relevant values. It is appropriate to interconnect the coastal heritage with tourism in the area, in order to increase the interest of tourists. Geomorphologically, the terrain is divided into three large morpho-sculptural units: coastal plains, alluvial plains and tablelands, in addition to the slopes that link the tablelands with the plains. As a methodological path, a detailed study of the literature regarding the geoscientific and historical information of the area and thorough fieldwork were necessary. Seven sites were inventoried and qualitatively evaluated: Ferruginous Sandstones of Jacarapé, Altiplano Paleodunes, Urban Holocene Marine Terraces, Cabo Branco Cliff, Urban Inactive Cliff, Gramame River Mouth and Primitive Mouth of Jaguaribe River, developed at different scales. The mapped area has potential for geotourism, in connection to the geological story of the Paraíba Basin, the last part to separate from Africa during the Pangeia fragmentation, presenting geologically, geomorphologically and hydrologically valuable features.

Keywords: Geoheritage. Coastal geotourism. Geotouristic routes. Urban coast. João Pessoa.

Pereira, L. S., & Farias, T. S. (2021). Geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha, município de João Pessoa, Paraíba, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(2), 259-280. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.337>.

Autor para correspondência: Luciano Schaefer Pereira. Av. Primeiro de Maio, 720 – Jaguaribe. João Pessoa, PB, Brasil. CEP 58135-000 (lschaefer2@gmail.com).

Recebido em 26/07/2020

Aprovado em 19/10/2020

Responsabilidade editorial: Milena Marília Nogueira de Andrade



INTRODUÇÃO

O geopatrímônio corresponde à porção abiótica do patrimônio natural. Numa visão muito ampla, consideram-se do patrimônio natural todos os elementos do meio físico, entre eles os solos, os rios, os mares, as formas de relevo, as rochas e os recursos minerais e energéticos, bem como as plantas e os animais, que, pelo seu significado científico, econômico, cultural e social, entre outros, merecem ser estudados e preservados para as gerações vindouras, ou seja, ser integrados às estratégias de desenvolvimento sustentável. Grandgirard (1997) fundamenta o conceito em questões culturais, considerando essencialmente o valor científico, pois o meio natural é fonte de riquezas, de energia e recursos ao ser humano, com a sua complexidade, dinâmica e sensibilidade, ou seja, é patrimônio da sociedade. Todo patrimônio tem conotação de bem protegido ou que, pelas suas características e valor, merece proteção.

Neste artigo, propõe-se a subdivisão do patrimônio natural em biótico – o qual inclui os elementos da fauna e da flora que, por seu valor intrínseco ou por estarem em risco de extinção, merecem ser protegidos, seja de qual ecossistema estas formas de vida façam parte – e abiótico – onde se inserem os elementos da geodiversidade, a citar os recursos hídricos, as formas de relevo, dos elementos geológicos e do solo, cada qual com seus subelementos.

O termo ‘geodiversidade’ surgiu na literatura geocientífica em contraposição à conceituação de ‘biodiversidade’, cujo papel dos biólogos, e particularmente dos ecólogos, foi fundamental para sua disseminação e consolidação (Nieto, 2001). Embora o conceito de biodiversidade esteja perfeitamente consolidado nos meios científicos, principalmente após a Conferência Rio-1992, o aporte de materiais elaborados sobre o tema é desigual quando comparado ao da geodiversidade, até mesmo porque sua conceitualização e sistematização são anteriores.

A utilização generalizada do termo ‘geodiversidade’, de cunho naturalista, inicia-se bastante mais tarde, na década de 1990.

Burek e Potter (2002 citados em Panizza & Piacente, 2009) sugerem o ano de 1991, durante um congresso internacional sobre geoconservação. Segundo Gray (2008), esse termo teria surgido a partir da Convenção da Biodiversidade, evento paralelo à Conferência Rio-1992. Para Nieto (2001), sua provável origem teria acontecido por ocasião da Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, em 1993 (L. Pereira & Farias, 2016, p. 144).

A divulgação da geodiversidade do território brasileiro ascendeu no início desse milênio, a partir do projeto denominado “Caminhos geológicos”, desenvolvido pelo Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM/RJ), desde 2001 (Mansur & Silva, 2011), e, posteriormente, por meio do Serviço Geológico do Paraná (MINEROPAR), em 2003, com o “Programa sítios geológicos e paleontológicos do Paraná” (Piekarz & Liccardo, 2006), e que acabou se espalhando para outros estados brasileiros (Rio Grande do Norte, Bahia, São Paulo, Minas Gerais etc., *sensu* Nascimento et al., 2007, 2008; Mansur, 2010). Em 2005, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) iniciou um projeto denominado “Série de estudos sobre a geodiversidade do Brasil”, com a elaboração de cartilhas e coleções de minerais e rochas (Nascimento et al., 2008). Na área acadêmica, vários trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado, teses de doutorado e publicações em periódicos nacionais e internacionais têm trabalhado o tema em suas várias vertentes, a exemplo de Covello (2011), Santos (2016), entre outros. Na Paraíba, estudos acerca da geodiversidade costeira são escassos.

Durante a fase da avaliação qualitativa da geodiversidade (inventariação), sobressaem-se os valores que elevam determinados elementos da geodiversidade ao *status* de geopatrímônio, propostos por Sharples (1993, 2002) e Gray (2004, 2013). Assim, o geopatrímônio refere-se àqueles elementos da geodiversidade que possuem valores excepcionais (Rodrigues & Fonseca, 2008) e, portanto, merecem ser preservados.

Segundo Sharples (1993) e Gray (2004), os principais valores são o econômico – associado às necessidades de exploração pelo ser humano, seja por meio da mineração,

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo iniciou-se com a fase da pesquisa bibliográfica, com o intuito de se conhecer profundamente a história, a geologia, a geomorfologia, a pedologia e a hidrologia do ambiente físico da atual João Pessoa. Realizou-se, assim, uma pesquisa da produção bibliográfica presente em fontes primárias, como livros, teses de doutorado, dissertações de mestrado e artigos científicos publicados no Brasil e no exterior, assim como periódicos eletrônicos, a partir também de sites específicos, como o da Empresa Brasileira de Turismo (EMBRATUR), da Organização Mundial do Turismo (OMT), da Organização das Nações Unidas para a Cultura, Ciência e Educação (UNESCO), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Ministério das Minas e Energia (MME), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de prefeituras, entre outros órgãos públicos, em suas três esferas, acerca dos aspectos naturais da área, notadamente a geologia, a geomorfologia, a hidrologia e a pedologia. Procurou-se também estar a par das publicações mais atualizadas sobre o trinômio 'geodiversidade-geopatrimônio-geoturismo', escopo principal deste trabalho.

Para o entendimento dos valores cultural, econômico e funcional da geodiversidade, quando relacionada com a fixação do colonizador e a evolução urbana do município, foi necessário recorrer a publicações de cronistas, viajantes e historiadores do período colonial, especialmente nos séculos XVI e XVII, na forma de diários de viagens, livros, iconografia (pinturas, mapas etc.) e documentos históricos (provisões, alvarás e cartas régias), presentes em vários arquivos do Brasil e de Portugal.

Na fase de campo, realizada entre janeiro e maio de 2016, executou-se um mapeamento geológico, pedológico e dos recursos hídricos, em uma escala 1:25.000, com o intuito de reconhecer os potenciais locais de interesse geológico, geomorfológico, pedológico e hidrológico no campo, a partir da identificação de valores geopatrimoniais que os converteram, ou não, em efetivos

recursos geoturísticos. Foi utilizada a carta topográfica Nossa Senhora da Penha (SB.25-Y-C-III-1-SE), na escala de 1:25.000, além de fotografias aéreas na escala 1:8000 e imagens orbitais, como imagens do sensor ASTER/TERRA, bandas VNIR, com resolução espacial de 15 m, e das cartas I-11, I-12, J-11 e J-12, na escala de 1:40.000, disponíveis no Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

O estudo petrográfico foi realizado no Laboratório de Mineralogia e Petrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), em seções delgadas, em um microscópio polarizante do tipo Leica DMLP, com contador de pontos eletrônicos acoplado, controlado via computador pelo aplicativo PETROG v. 2.45, da *Conwy Valley Systems* Ltda. Ao todo, foram confeccionadas oito lâminas delgadas, abrangendo os litotipos de algumas fácies da Formação Barreiras. Esta análise objetivou classificar as rochas amostradas, assim como reconhecer suas mineralogia e texturas, possibilitando classificá-las com mais precisão. Desse modo, optou-se pela elaboração de lâminas daquelas que apresentavam o mínimo de alteração intempérica. Para a classificação, foi utilizada a proposta de Folk (1974), que considera, basicamente, a granulometria dos sedimentos.

Os elementos da geodiversidade, mapeados numa escala local, de área e de paisagem, foram inventariados através do preenchimento de uma ficha de identificação apresentada por L. Pereira (2019). Nessa ficha, constou um enquadramento (nome do local, suas coordenadas geográficas, data de observação e localização na carta topográfica), descrição do local (modo e meios de acesso, a escala do objeto, uma síntese das características físicas e registro fotográfico), sua importância enquanto elemento da geodiversidade (justificando sua escolha, ao demarcar os valores estético, científico, cultural, funcional/ecológico e econômico entre inexistente a excepcional, com uma breve descrição da potencialidade geoturística) e ameaças (analisam-se as antrópicas e naturais que vulnerabilizam o local, sugerindo medidas que as minimizem ou evitem, assim como o regime de proteção existente).

A demarcação destes valores é o principal critério que diferencia o bem enquanto elemento da geodiversidade, denominado puramente de local de interesse, termo utilizado neste artigo, ou se elevado ao *status* de bem geopatrimonial, ao possuir excepcionalidade em pelo menos um dos valores. Neste caso, o local será considerado um geossítio, geomorfossítio e/ou hidrossítio.

CONTEXTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO DA FOLHA NOSSA SENHORA DA PENHA

A Folha Nossa Senhora da Penha abrange parte do litoral urbano do município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba e município mais oriental do Brasil. Aliás, João Pessoa é conhecida mundialmente como o 'extremo oriental das Américas', o que, só por si, já lhe reserva um potencial turístico. Suas coordenadas geográficas

são 7° 7' S e 34° 53' W (Figura 1); a proximidade com o Equador proporciona muita insolação durante todo o ano e, portanto, temperaturas elevadas (média térmica anual de 26 °C). O município possui área de 211,5 km² e população de 809.015 habitantes (IBGE, 2019), resultando em densidade demográfica de 3.825 hab/km², a mais alta do estado.

A geologia de onde atualmente assenta a Folha Nossa Senhora da Penha está associada à bacia sedimentar marginal da Paraíba, sedimentos que foram depositados à medida que o continente sul-americano se afastava do africano (Szatmari et al., 1987), sobre um embasamento cristalino, deformado por zonas de cisalhamento (Jardim de Sá, 1994). Esta bacia pode ser subdivida em três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri. A área da carta insere-se na sub-bacia Alhandra, delimitada, ao norte, pela falha de Itabaiana e, ao sul, pela falha de Goiana (Figura 2).

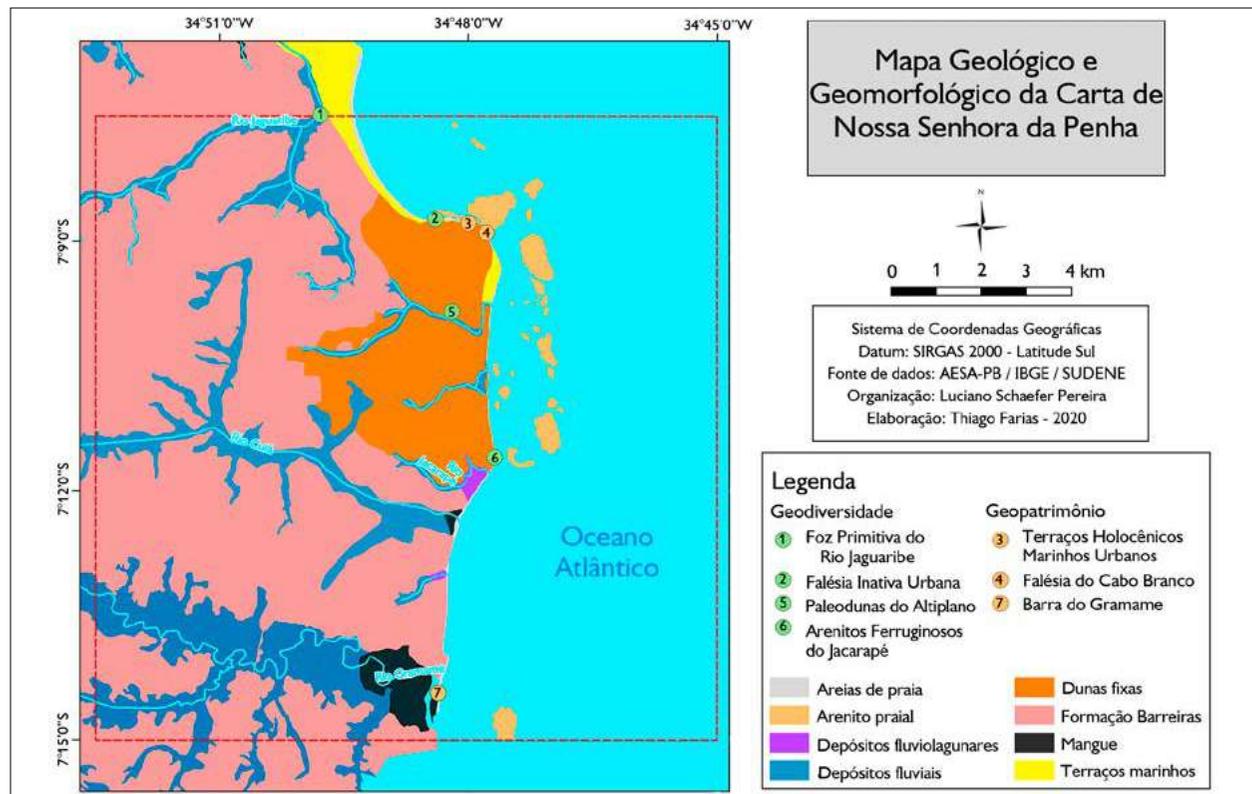


Figura 2. Mapa geológico-geomorfológico da Carta Nossa Senhora da Penha, com a localização dos sítios. Mapa: Luciano S. Pereira (2019).

Os eventos sedimentares de deposição da Bacia da Paraíba remontam ao final do Turoniano, quando os terrenos ao norte e ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco são reativados (Petri, 1987), à medida que o continente sul-americano se afasta do africano, iniciando a subsidência da Bacia da Paraíba, tardiamente em relação às bacias situadas ao norte e ao sul, Potiguar e Pernambuco, respectivamente, que já demonstravam preenchimento sedimentar desde o Barremiano-Aptiano (Petri, 1987).

A Formação Barreiras, de idade pliocênica superior-pleistocênica, é considerada uma cobertura plataformal da Bacia da Paraíba, cujos sedimentos são o resultado do intemperismo do escudo cristalino aflorante no Planalto da Borborema (Alheiros & Lima Filho, 1991), distante cerca de 30 km do litoral, e que foram depositados em um ambiente fluvial entrelaçado (representado por cascalhos e areias grossas a finas) sobre leques aluviais (conglomerados intercalados a uma camada siltico-argilosa menos espessa, segundo Alheiros et al., 1988), sob clima árido. Sua espessura média é de 40 m, podendo atingir 80 m (Leal e Sá, 1998).

Sobre a Formação Barreiras, depositaram-se sedimentos quaternários, representativos de um ambiente marinho-transicional (terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, arenitos praias e algálico-coralígeos, manguezais e areias praias) e de um ambiente continental (depósitos coluviais, cones de dejeção, dunas inativas e depósitos aluviais, *sensu* Furrier, 2007), através de novos espaços criados por falhas reativadas no Neógeno e Quaternário (Bezerra & Vita-Finzi, 2000; Rossetti et al., 2009, entre outros).

A área da carta pertence à unidade geomorfológica classificada de Planícies e Tabuleiros Litorâneos, de acordo com Ross (1990), possuindo relação direta com movimentações tectônicas antigas, geradas durante o afastamento das placas sul-americana e africana (Asmus, 1975), somadas a eventos tectônicos cenozoicos (Bezerra et al., 2001; Bezerra & Vita-Finzi, 2000, entre outros).

Podem-se identificar três subunidades para o sítio urbano de João Pessoa: a baixada litorânea (ou planície costeira),

os baixos planaltos costeiros (ou tabuleiros litorâneos) e as planícies aluviais, que podem ainda ser subdivididas em fluviais e fluviomarinhas (Melo & Rodriguez, 2002). O topo dos tabuleiros é unido às planícies por vertentes relativamente íngremes, onde afloram os calcários da Formação Gramame em abundância, principalmente naquelas voltadas para o rio Paraíba, segundo um eixo nordeste-sudoeste.

A baixada litorânea está em contato direto com o mar, possui altitude entre 0 e 10 m, cuja sedimentação quaternária de origem fluvial, marinha e fluviomarinha preencheu a planície costeira, dando origem a inúmeras feições geomorfológicas, que podem ser consideradas potenciais geomorfossítios, por sua beleza cênica e/ou por sua pertinente história geológica/geomorfológica. Nas margens do rio Paraíba, ocorrem planícies aluviais com maiores altitudes, cuja presença de manguezais afastados até 12 km da linha de costa denota sua importância ecológica. Na porção norte da área de estudo, a Restinga de Cabedelo separa o rio Paraíba do oceano Atlântico.

Os baixos planaltos costeiros, também conhecidos como tabuleiros litorâneos, correspondem a uma porção mais elevada do terreno. São suavemente inclinados, com topos geralmente planos e basculados para leste, resultado da ação dos agentes exógenos que esculpiram a Formação Barreiras. Incluem também a abrasão marinha sobre as falésias, outra forma aflorante desta formação no litoral, na sua porção oriental.

A maior parte do sítio urbano de João Pessoa está assentada sobre esta unidade geomorfológica. Segundo Rossetti et al. (2012), esses baixos planaltos foram resultados de amplos arqueamentos e de uma sucessão de pediplanos escalonados para o interior, subordinados ao paleoclima, em que a estrutura tipo *graben-horst* controlou sua morfologia.

Reativações de zonas de cisalhamento do embasamento, com direção E-W e NE-SW, a partir do Cretáceo, atingiram os sedimentos da Formação Barreiras, formando escarpas de falhas que foram preenchidas por terraços aluviais, dunas arenosas, detritos de deslizamento,

solo e vegetação, e que serviram como delimitadoras do leito dos rios, enquanto as porções soerguidas foram dissecadas (Lima et al., 1990).

Assim, as cotas do compartimento urbano dos tabuleiros mostram porções soerguidas (a oeste, cujas altitudes chegam a 70 m) e porções rebaixadas (entre o rio Mumbaba e o rio Sanhauá, afluente do rio Paraíba, onde as altitudes não passam dos 40 m), voltando a subir (no curso superior do rio Cuiá), decrescendo em direção a leste, e denotam o comportamento estrutural do tipo *graben-horst*, limitado por falhamentos normais (Bezerra et al., 2001).

Longe da área urbana, se desenvolveu a atividade canavieira, pela presença do fértil solo massapê, e que se estende por algumas dezenas de quilômetros da linha de costa. O limite da planície costeira pode ser visualizado ao longo do bairro de São José, com sérios problemas infraestruturais, que se assentou aos pés de uma falésia morta, ao longo do curso inferior do rio Jaguaribe e através de uma extensa linha de falésias inativas, mais ao sul, onde, por outro lado, formou-se o bairro Altiplano Cabo Branco, em que se concentra a população de alta renda.

RESULTADOS - UMA VISÃO DA GEODIVERSIDADE DA ÁREA

De acordo com os valores estético, cultural, científico, econômico e ecológico, foram selecionados sete locais de interesse geoturístico na Folha Nossa Senhora da Penha.

FOZ PRIMITIVA DO RIO JAGUARIBE

O rio Jaguaribe é o principal rio de uma das sub-bacias urbanas, desaguardo em um afluente do rio Paraíba, o que justifica sua classificação como uma sub-bacia. Limita-se a leste com o oceano Atlântico, a oeste com o rio Marés, a norte com o rio Mandacaru e, ao sul, com a microbacia do rio Cuiá.

Sua nascente mais meridional localizava-se em um conjunto de lagoas no atual conjunto Esplanada, no bairro Ernani Sátyro, na granja Sandy, de origem cárstica, que foi aterrada a uma altitude de cerca de 22 m. Atualmente,

a nascente está associada à região das Três Lagoas do Oitizeiro. Banha 25 bairros, tendo como principal afluente da margem direita o rio Timbó, retilíneo e provavelmente encaixado em um falhamento, e da margem esquerda o riacho dos Macacos, praticamente desaparecido com a expansão imobiliária dos bairros da Torre e Jaguaribe, além de ressurgências em seu curso superior e da barragem situada no Jardim Botânico Benjamim Maranhão (PAC, 2007), conhecido como Mata do Buraquinho.

É uma bacia predominantemente fluvial, com deposição de material aluvial em seus leito e vale, onde a influência marinha está restrita à sua desembocadura no rio Mandacaru, caracterizada pela presença de uma planície intertidal.

A extensão inicial dessa bacia era de 21 km, até desaguar no oceano Atlântico. Entretanto, nos anos 1940, promovido pelo antigo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), o rio foi desviado na altura de onde se localiza, atualmente, o *shopping* Manaíra, acabando por desaguar no rio Mandacaru (Christiano, 2007), em uma área de manguezais na retaguarda do Forroco. Antes desse desvio, o rio fluía por cerca de 4 km, tangenciando a costa pela restinga de Cabedelo até a praia de Campina, em Cabedelo, no limite dos bairros do Bessa, em João Pessoa, e Intermares, em Cabedelo, quando se flexionava para o leste, desaguardo no oceano.

A partir do desvio, com o intuito de reduzir as cheias e as inundações na praia do Bessa, sobeja um canal que passa ao lado da zona comercial do Bessa, o qual tem papel fundamental de drenar o bairro do Bessa e servir de fronteira natural entre os municípios de João Pessoa e Cabedelo.

Tanto o rio Jaguaribe quanto o rio Timbó, seu afluente da margem direita, exumam os sedimentos da Formação Barreiras (plio-pleistocênicos), que na área urbana de João Pessoa encontram-se levemente basculados para leste. No alto curso, o rio Jaguaribe entalha profundamente os tabuleiros, gerando amplos anfiteatros, apesar de, no geral, os tabuleiros da zona urbana de João Pessoa serem relativamente suaves e com baixas

declividades (Furrier, 2007). Esse amplo anfiteatro e a intensa exumação dos sedimentos Barreiras sobrepostos à camada carbonática Maastrichtiana da Formação Gramame podem ter adelgado essa camada sedimentar, por meio de processos denudacionais, facilitando a penetração da água e dissolvendo quimicamente os calcários, gerando o posterior abatimento do terreno.

O local de interesse, de escala local, está localizado na avenida Ministro José Américo de Almeida (Beira-Rio), sentido centro-praia, logo após o rio cruzar a referida avenida, 200 m antes do girador que dá acesso ao bairro Altiplano Cabo Branco (Figura 1). A palavra 'Jaguaribe' deriva etimologicamente do tupi, significando 'no rio da onça' (Machado, 1993a), o que denota seu valor cultural enquanto topônimo de origem indígena. Ademais, desde

os primórdios da colonização, aparece representado na iconografia, na forma de corpos d'água isolados, devido à dificuldade que os colonizadores possuíam de traçar seus limites, em virtude da mata fechada adjacente.

Ao atingir a linha das falésias inativas recuadas, bruscamente flexiona-se para o norte (Figura 3), tangenciando a falésia inativa do bairro João Agripino. Nesse ponto, onde está o local de interesse, provavelmente encontrava-se a foz do rio antes da deposição da sedimentação holocênica que formou o terraço marinho, com idade aproximada entre 3 e 7 ka AP. Essa diferença litológica entre o arenito Barreiras e os sedimentos praias, somada à baixa declividade na recém-formada planície costeira, é a justificativa para o desvio que ocorre assim que o rio rompe a linha de falésias inativas.



Figura 3. Foto de satélite mostrando as praias e o entorno dos terraços marinhos holocênicos, na sua retaguarda, em sua porção meridional, mais estreita. Vê-se a localização da falésia inativa urbana florestada (flechas vermelhas), que delimita a planície costeira, representada pelos terraços e os baixos planaltos, mais a oeste (linha tracejada branca). Vê-se também o assentamento da população de baixa renda da comunidade São José, entre o sopé da falésia e o rio Jaguaribe. Legendas: * = localização do mirante do geomorfossítio Terraços Marinhos Holocênicos Urbanos, *2 = foz primitiva do rio Jaguaribe. Fonte: modificado do *Google Earth* (jun. 2016).

Apesar de o vale do rio Jaguaribe ter sua ocupação restrita pelas leis 2.101, de 31/12/1975, 2.699, de 07/11/1979, e pela Constituição do estado, ainda assim, é uma bacia que foi intensamente descaracterizada através de diversos impactos antrópicos, causados pelo desmatamento de suas encostas, e posterior erosão com assoreamento, poluição por todo tipo de dejetos, causando riscos de doenças às populações ribeirinhas, moradoras dos diversos 'aglomerados subnormais' localizados ao longo de suas margens. As inundações, em épocas de cheias, no inverno, também são comuns, gerando grandes transtornos a essas populações de baixa renda.

O local de interesse representa um relevante elemento da geodiversidade do ponto de vista geomorfológico e hidrológico. A sua importância como ferramenta para a delimitação de uma linha de costa primitiva justifica seu alto valor científico; assim como o interesse que figura para a manutenção de um ecossistema fluvial, o que denota seu alto valor funcional, no aspecto ecológico. Desde os primórdios da colonização, muito antes da ocupação da costa, seu vale já havia sido registrado em iconografias do século XVII (L. Pereira, 2017), sem continuidade, devido às dificuldades de acesso, por causa da mata fechada circundante, daí seu alto valor cultural, justificado também no nome 'Jaguaribe', um topônimo de origem indígena.

FALÉSIA INATIVA URBANA

Os baixos planaltos costeiros são representados pelos tabuleiros, com topos planos ou suavemente ondulados que encerram abruptamente, nas planícies adjacentes, na forma de vertentes relativamente íngremes. Na planície litorânea, estas vertentes recebem o nome de falésias, podendo ser ativas ou não, compostas pela Formação Barreiras e interrompidas pelos entalhes fluviais, na forma de vales abertos ou encaixados, formando vastos anfiteatros. Dão sequência aos depósitos sedimentares das terras baixas litorâneas, com suas praias, terraços, planícies fluviais, campos de dunas, entre outros. Os tabuleiros apresentam suave inclinação para leste e altitudes médias

que atingem 40 a 50 m, bem como afastamento de até 40 km da linha de costa.

Todo o litoral paraibano apresenta falésias que podem sofrer abrasão marinha ou não. As falésias ativas, ou vivas, continuam recebendo o impacto das ondas nas marés de águas vivas; portanto, o risco de desabamento, a exemplo da Falésia do Cabo Branco, que teve parte desabada em janeiro de 2018, é iminente, merecendo cuidados especiais e atitudes mais drásticas das autoridades. As falésias inativas, ou mortas, apresentam-se mais recuadas no continente, não sofrendo mais o solapamento marinho, e são importantes indicadores da transgressão marinha pretérita.

O local de interesse corresponde a um ponto panorâmico situado na extremidade sul da falésia inativa que tangencia a praia (Figura 2), possuindo cerca de 7,4 km de extensão e 30 m de altura, sendo uma continuidade da famosa e turística falésia de Cabo Branco, podendo estar recuada até 1,2 km da praia (Figura 3). Parte da falésia inativa pode ser visualizada através de um ponto com visão panorâmica na praia de Cabo Branco, no final da avenida homônima, facilmente acessada por várias linhas de ônibus, onde está situado o local de interesse. Por ser florestada em toda a sua extensão, facilmente pode ser identificada como uma tênua linha verde, a partir da praia ou de vista aérea (Figura 4).

Representa um relevante elemento da geodiversidade do ponto de vista geomorfológico. As falésias inativas, especialmente aquelas tão recuadas, são relativamente escassas no território paraibano, sendo importantes paleoindicadores da linha de costa, o que lhe justifica o alto valor científico. Serve, ademais, como um elemento delimitador topográfico, que possibilita a estruturação de dois bairros ocupados por população de alta renda: na parte baixa, o bairro de Cabo Branco, por estar nas proximidades da praia; na parte alta, o Altiplano Cabo Branco, por ter uma vista de toda a costa, o que justifica sua importância do ponto de vista econômico. Entretanto, em boa parte de suas margens, formou-se aglomerados subnormais, a exemplo da comunidade São José.



Figura 4. Fotomosaico mostrando visão aérea do alinhamento formado pelas árvores que florestam a falésia inativa de João Pessoa (entre as linhas brancas). Foto: modificada de Ricardo Paulo (2004).

TERRAÇOS MARINHOS HOLOCÊNICOS

O local de interesse corresponde a um ponto com vista panorâmica da maior parte da orla urbana de João Pessoa e Cabedelo, configurando os terraços marinhos holocênicos (Figura 1). Os terraços holocênicos correspondem a depósitos arenosos, com não mais do que 4 m acima do nível de preamar atual. De acordo com estudos acerca da deposição quaternária do litoral entre o Rio de Janeiro e o estado de Alagoas, foram formados durante a regressão marinha após à Última Transgressão (Bittencourt et al., 1979), entre 5 e 7 ka AP (Martin et al., 1979).

Algumas características físicas possibilitaram que os terraços fossem selecionados como relevantes geomorfossítios na zona urbana costeira de João Pessoa e Cabedelo, a citar: podem ser classificados como pertencentes a planície costeira, delimitados pelos baixos planaltos por uma tênue encosta florestada, representada pelas falésias inativas (outro local de interesse selecionado), que podem ser visualizadas a uma longa distância, permitindo discriminar com facilidade seus limites, em especial no setor norte (praia de Tambaú e Cabo Branco, Figura 4); são importantes indicadores da dinâmica costeira, especialmente nos últimos 7 Ka; e são

ocupados de maneira densa por edificações com o metro quadrado mais caro do estado.

Os terraços holocênicos são mais extensos e contínuos do que os pleistocênicos, podendo ou não apresentar cristas de cordões litorâneos na superfície, dependendo do nível de ocupação urbana. São representados por areias quartzosas inconsolidadas, com cores claras, granulometria fina, medianamente selecionada, com estratificação plano-paralela (Alheiros et al., 1990) e granulometria predominantemente fina (Furrier, 2007).

Uma datação pelo método C-14 ocorrida em sedimentos lagunares no litoral norte do estado de Sergipe resultou em idade de $7,2 \pm 200$ ka AP (Bittencourt et al., 1983), enquanto conchas inclusas nesses terraços na costa alagoana apresentaram idades entre $2,57 \pm 170$ ka AP e $3,69 \pm 180$ ka AP (Barbosa et al., 1986).

A forma, localização e características físicas tornam os terraços marinhos holocênicos uma das feições mais importantes da área de estudo, em especial aquelas localizadas na orla urbana de João Pessoa. Sua forma plana, na retaguarda da costa, tornou-a susceptível de ocupação antrópica, especialmente após os anos 1950 (Silveira, 2004), daí o excepcional valor funcional que possuem

enquanto serviço de suporte. A beleza da paisagem justifica o excepcional valor estético; o fornecimento de matéria-prima para a indústria da construção civil justifica o alto valor econômico, no aspecto utilitário; é um depósito importantíssimo para o entendimento da dinâmica costeira nos últimos 5 a 7 mil anos, o que justifica o alto valor científico; o reconhecimento da sua geografia, para fins estratégicos, faz com que estes terraços tenham sido mapeados desde o início da colonização portuguesa, em sua iconografia e documentação histórica, o que justifica o alto valor cultural que apresentam.

Assim, o excepcional valor funcional, aliado aos altíssimos valores econômico e científico, possibilita inferir que se trata de um exemplar geopatrimonial na área, cujo local pode ser considerado um geomorfossítio.

FALÉSIA DO CABO BRANCO

Esse local de interesse (Figura 5) tem

... um papel fundamental no turismo da capital paraibana, pois dele é vendida a imagem da cidade mais oriental das Américas, a mais próxima da África. Corresponde a uma área que compreende a supracitada falésia, com cerca de 30 metros de altura, com o Farol do Cabo Branco e a Estação Ciência, construídas no alto e das quais se tem uma visão quase completa de toda a orla de João Pessoa, a norte, e da Ponta do Seixas, esse sim o extremo oriental das Américas, no Parque Municipal do Cabo Branco (L. Pereira & I. Pereira, 2018, p. 49).

A Ponta do Seixas compreende um cordão arenoso métrico, que pode ser atingido facilmente através da praia dos Seixas. A Estação Ciência, projetada pelo arquiteto Oscar Niemeyer, foi construída em 2008 para servir como um centro de ciências, cultura e artes. Sua construção foi bastante controversa, devido à proximidade com a falésia e aos riscos inerentes.

A Falésia do Cabo Branco é uma das várias representantes desse tipo de forma de relevo no litoral paraibano, sendo composta pelos sedimentos da Formação Barreiras. Foram identificadas três fácies (Figura 6), descritas a seguir. Pelo alto grau de alteração, optou-se



Figura 5. Visão panorâmica da Falésia do Cabo Branco e arredores. Foto: modificado de Felipe Gesteira (2015).

por confeccionar uma lâmina delgada da fácies ii, tendo as restantes sido descritas apenas macroscopicamente.

Fácies i

São compostas por sedimentos arenosos mal consolidados, cuja matriz é predominantemente arenosa, com coloração avermelhada, estratificação plano-paralela e grãos maiores milimétricos de quartzo e K-feldspato, subangulosos a subarredondados, com baixa esfericidade e o K-feldspato alterado para uma argila acinzentada. Essas características permitem afirmar que esse pacote foi depositado em um ambiente fluvial, o que é corroborado por Rossetti et al. (2009). O que caracteriza essa fácies é a presença de ferricretes, como concreções de oxi-hidróxido de ferro e alumínio e que, em razão de apresentarem maior resistência ao intemperismo, formam um extenso pavimento, na forma de terraços de abrasão, que se estende pela praia e antepraia, melhor visível nas marés baixas.

Em lâmina delgada, a rocha é constituída por 80% de grãos e 20% de matriz (interpretada como composta de óxido de ferro, devido à sua coloração avermelhada), sendo que, entre os grãos, há abundância aparente de quartzo (95%) e pequenos traços de turmalina e feldspato (juntos, somam os 5% restantes). Os grãos variam de areia fina a grânulo, muito pobremente selecionados, de angulares a subangulares, com baixa esfericidade (Figura 7).

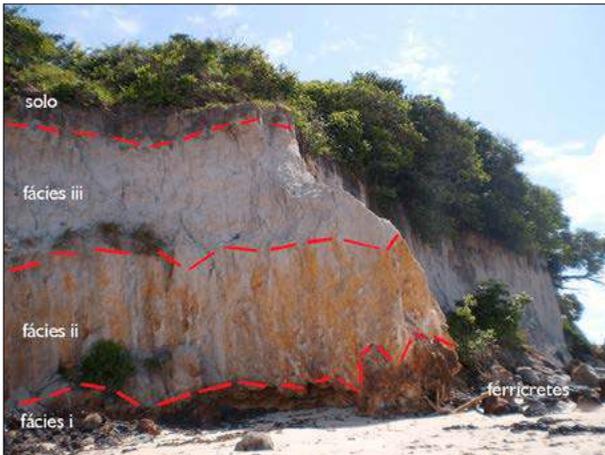


Figura 6. Perfil da seção da Falésia do Cabo Branco, com a distribuição de suas fácies. Foto: Luciano S. Pereira (2019).

A rocha foi classificada como uma brecha monomítica, devido à sua constituição ser praticamente quartzo ou quartzarenito (Folk, 1974). Os grãos são, em sua maioria, flutuantes, com poucos contatos pontuais e raros retos, denotando um empacotamento frouxo.

Fácies ii

Corresponde a arenitos com laminação plano-paralelo e diferentes porções de areia, silte e argila, localmente lateritizados e intercalados a lamitos. É constituída por arenitos finos, cimentados por óxido de ferro com grãos de quartzo

e K-feldspato, esse bastante alterado, de granulometria predominantemente arenosa, cujos grãos são subangulosos a subarredondados (Figura 8). Representa um depósito fluviolagunar, cujas intercalações de níveis argilosos cinza-esverdeados e matéria orgânica são típicas do afogamento dos canais pela oscilação da linha de costa.

Em lâmina delgada, a rocha é constituída por 70% de matriz (de possível constituição siltica/argilosa de composição quartzosa) e 30% de grãos maiores (em sua grande maioria, de tamanho da areia fina a média e de grânulos de pequena ocorrência). Entre os grãos maiores, pode-se destacar a abundância de quartzo (95% aproximadamente) e, ainda, de pequenas ocorrências de turmalina, minerais opacos e feldspatos (que, juntos, somam os demais 5%). Ainda em relação a esses constituintes maiores, eles são muito pobremente selecionados, variando de angulosos a subangulosos, com baixa esfericidade. Os sedimentos possuem contatos intergranulares, em sua maioria flutuantes, com pouca presença de contatos retos, denotando, assim, um empacotamento do tipo frouxo. Segundo Folk (1974), pode-se classificar tal rocha como um quartzarenito. É relevante acrescentar que na amostra existem estruturas que foram interpretadas como semelhantes a gretas de contração, formadas pela exposição de material argiloso (Figura 9).

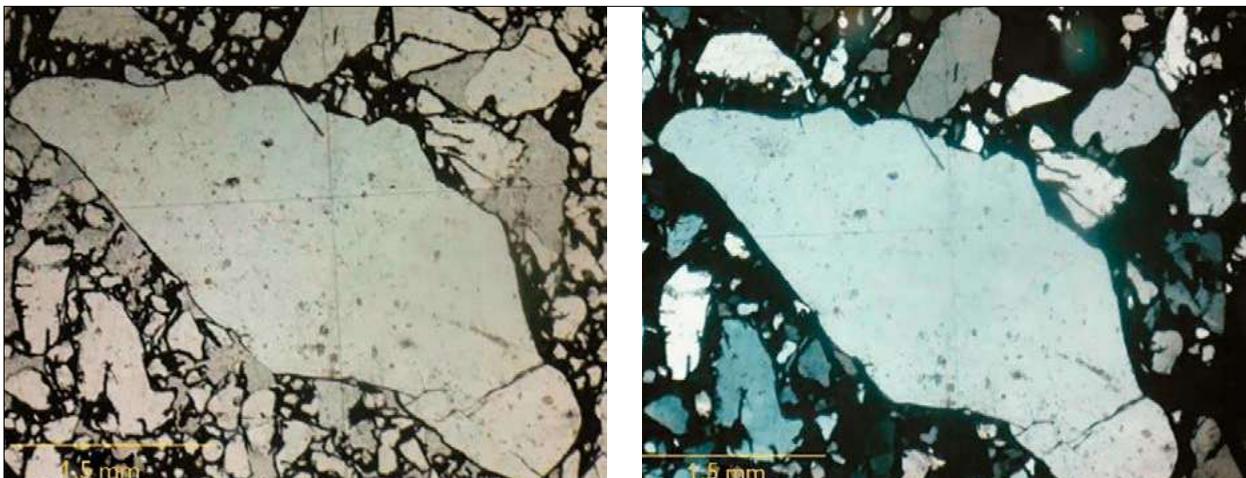


Figura 7. Lâmina delgada do quartzarenito, mostrando grânulo de quartzo envolto por matriz e demais grãos do arcabouço. Na imagem da esquerda, se observa o grânulo a nicóis paralelos; na direita, é observado em nicóis cruzados. Fotos: Luciano S. Pereira (2019).



Figura 8. Detalhe da fácies ii, com as lentes de lamito, a laminação tabular (linhas tracejadas) e as lentes de K-feldspato alterados (proximidade do círculo). Foto: Luciano S. Pereira (2019).

Fácies iii

Constituídas por arenitos médios, de coloração acinzentada, com estratificação plano-paralela e grãos angulosos a subangulosos, pobremente selecionados. Exibem clastos de quartzo e K-feldspato com baixa esfericidade, imersos na matriz arenosa-caulinítica, ambos subangulosos a subarredondados, com não mais do que 1 mm. O pacote apresenta feições de bioturbação, na forma de cavidades, com cerca de 2 cm de diâmetro, provavelmente causadas por organismos invertebrados e raízes de vegetais. Foi depositado em um ambiente praiar.

A presença de ações neotectônicas nessa formação, no caso um dobramento anticlinal em parte das rochas da falésia, com eixo sub-horizontal (Figura 10), desmistifica que as bacias marginais brasileiras são do tipo passivo, como foi propagado nos meios científicos durante muito tempo (Asmus, 1982; Mohriak, 2003, entre outros).

Apesar de pertencer a um parque municipal,

... pouco se faz para preservar a falésia, que sofre intenso solapamento marinho. Um somatório de fatores (naturais e antrópicos) acabou por causar o desabamento de parte dessa falésia, em janeiro de 2018, atingindo, inclusive, as proximidades do Farol do Cabo Branco [Figura 11A]. Segundo análise de fotos aéreas, a erosão avança metros ano a ano [Figura 11B]. Assim, se a inércia do poder

público continuar, a tendência é de que, em 20 anos, esse farol, símbolo importante da capital paraibana, deixará de existir (L. Pereira & I. Pereira, 2018, p. 50).

A agressividade com que as ondas solapam a base da falésia é tanta que, localmente, formaram-se vazios, as 'grutas de abrasão', que adentram na parede, acabando por evoluir para o desabamento do teto e recuando ainda mais a falésia. A friabilidade dos sedimentos formadores da falésia potencializa essa erosão, enquanto a presença de terraços de abrasão pode ajudar a retardar o processo.

Do ponto de vista estético, a falésia é uma bela representante desta forma de relevo na região, com seu multicolorido intenso e imponência. A bela paisagem a partir de seu topo também lhe agrega valor: avista-se o ponto mais oriental das Américas e boa parte da orla da capital. Pelo conjunto de características que a forma possui (dobra, camadas, ferricretes na base, erosão), explica-se seu alto valor científico. Ela também representa o símbolo internacional da cidade, o que lhe denota um valor cultural, sendo referido nos primeiros mapas elaborados, no início do século XVI, da costa brasileira, além de seu nome ('Cabo Branco') refletir um acidente geográfico costeiro. O alto valor econômico se justifica por ser a provável fonte, juntamente com os afloramentos na praia do Jacarapé, dos georrecursos utilizados na construção da Igreja de Almagre e da Fortaleza de Cabedelo, as poucas construções do

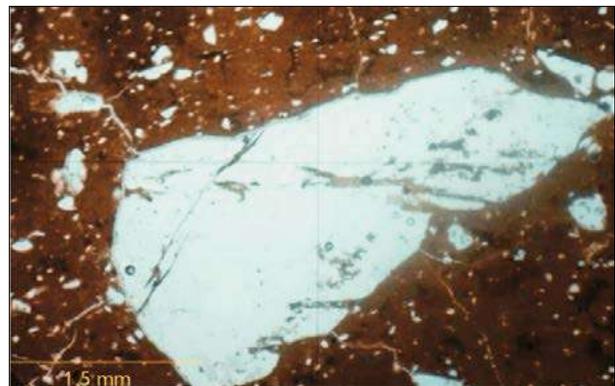


Figura 9. Lâmina delgada do quartzarenito mostrando grão de quartzo imerso na matriz, com possíveis gretas de contração. Nicóis paralelos. Foto: Luciano S. Pereira (2019).



Figura 10. Feição neotectônica nas rochas da Falésia do Cabo Branco. Foto: Luciano S. Pereira (2019).

período colonial, na área, que utilizam essa matéria-prima. Pelo excepcional valor cultural, aliado aos altíssimos valores científico e estético, a Falésia do Cabo Branco é um exemplo de geopatrimônio na área, cujo local pode ser considerado um geossítio/geomorfofossítio.

PALEODUNAS DO ALTIPLANO

Durante o mapeamento de campo, identificou-se uma vasta área, que se estende do Altiplano Cabo Branco até o rio Jacarapé e adentrando na área urbana do município, nos arredores do bairro de Costa do Sol (vide Figura 1,

para localização), formada por um espesso pacote de areias quartzosas, bem selecionadas e de granulometria fina, com cor creme, que chegam a 25 metros de espessura, cobertas por vegetação, sendo classificadas como um depósito eólico de paleodunas.

Esse depósito pode ser melhor visualizado ao longo dos rios (Figura 12), de algumas ruas que cruzam os bairros, em especial o Altiplano Cabo Branco, ou cobrindo um largo afloramento da Formação Barreiras, localizado a sul da avenida Hilton Souto Maior, no bairro de Mangabeira, quase no entroncamento com a rodovia estadual PB-008, no girador que dá acesso à praia do Seixas, onde está inserido o local de interesse.

Esses depósitos eólicos são importantes indicadores paleogeográficos e paleoclimáticos do Quaternário, podendo ser internos ou externos em relação à costa, e são cobertos por vegetação que impossibilita sua progradação. Os internos, mais antigos, são encontrados sobre os tabuleiros da Formação Barreiras, como é o caso do depósito no local de interesse em questão, e foram formados por sedimentos da própria planície costeira, enquanto os mais externos capeiam os terraços marinhos pleistocênicos (Furrier, 2007). Boa parte da vegetação que cobre as paleodunas no estado da Paraíba, em especial



Figura 11. Situação atual da falésia de Cabo Branco: A) foto aérea do Farol do Cabo Branco, mostrando o desabamento de parte da falésia; B) base da falésia, com placa advertindo para a possibilidade de desmoronamento da área. Fotos: Luciano S. Pereira (2019).



Figura 12. Dunas fixas adjacentes ao rio Cabelo. Foto: Luciano S. Pereira (2019).

nas redondezas da capital, foi retirada para a posterior urbanização.

Desse modo, a exposição desses sedimentos, associada a um intenso fluxo eólico, causou o assoreamento de corpos d'água próximos, a exemplo do rio Cabedelo. Sedimentos de dunas fixas localizados entre Tibau do Sul e Touros, no Rio Grande do Norte, foram datados pelo método da termoluminescência, resultando em idades entre 189-186 Ka AP (Yee et al., 2000), e estão sobrepostos à sequência de terraços marinhos, datados por Barreto et al. (2002a) com idades entre 220-206 ka AP.

No litoral norte do estado da Paraíba, os mesmos autores dataram amostras de sedimentos coletadas em dunas inativas em diferentes níveis de profundidade, resultando em idades entre 27,2 ka AP, para as mais rasas (1,8 m), até 61,6 ka AP, para as mais profundas (3,8 m),

e sugeriram, considerando a altura das dunas em torno de 30 m, que o nível eustático estava bem mais baixo do que o atual quando as dunas foram fixadas (Barreto et al., 2002b).

Esses depósitos, durante muito tempo, foram classificados como Espodossolos (Paraíba, 2004), tendo, portanto, origem pedogenética. Entretanto, a análise textural dos grãos em microscópio que apresentam bom arredondamento, selecionamento e relativa homogeneidade dos grãos de quartzo corrobora a origem eólica desses grãos.

É um relevante elemento da geodiversidade do ponto de vista geomorfológico. Corresponde a um depósito muito importante, e relativamente escasso, na área, pois, apesar de perfazer uma área de razoável tamanho, não aparece em nenhum outro lugar como indicador paleoclimático e paleogeográfico do paleoambiente de sedimentação, ou seja, para o monitoramento paleoambiental. Ademais, tem sido utilizado há décadas, mesmo de maneira clandestina, no fornecimento de areia para a indústria da construção civil, o que explica seu alto valor econômico enquanto serviço de suporte.

ARENITOS FERRUGINOSOS DO JACARAPÉ

A partir da desembocadura do rio Jacarapé, após uma curta caminhada (350 metros), atinge-se o local de interesse (Figura 13A), conforme a Figura 1. O ponto, em escala local, é marcado pela presença de um amplo afloramento da fácies ferruginosa da Formação Barreiras, que se estende dezenas de metros antepaia adentro, se sobrepondo a uma fácies arenosa fina e abaixo de um arenito de grão médio (Figura 13B) da mesma formação. Está inserido no Parque Estadual do Jacarapé.

Macroscopicamente, os arenitos ferruginosos são semelhantes àqueles mapeados na fácies i, da Falésia do Cabo Branco. Segundo Furrier (2007, p. 183), a gênese desses ferricretes está associada ao "fluxo descendente de água vadosa, devido à intensa precipitação pluviométrica, elevada permeabilidade litológica e mudança brusca do pH do ambiente, fato que ocorre no encontro da cunha



Figura 13. Detalhes dos arenitos ferruginosos: A) vista aérea com a demarcação do local de interesse (*) e alguns de seus elementos; B) detalhe do local de interesse em vista terrestre. Fotos: Ricardo Paulo (2005) (A) e Luciano S. Pereira (2019) (B).

de água doce (ácida) com a cunha de água salina (básica)". Segundo o autor, "águas relativamente ácidas podem complexar o ferro e o alumínio, . . . gerando solos constituídos praticamente com apenas minerais primários mais insolúveis como o quartzo" (Furrier, 2007, p. 183).

Assim, esse horizonte ferruginoso não possui origem pedogenética, mas apresenta relação com eventos neotectônicos que possibilitaram a flutuação do nível do lençol freático, evidenciado pelas diferentes cotas dessas linhas de ferricretes, assim como pela presença de uma laminação bem visível e pela alta densidade das concreções, devido à grande concentração de oxi-hidróxido de ferro em relação a encaixante. Serve como testemunho do recuo erosivo das falésias pela ação das ondas.

Corresponde a um relevante elemento da geodiversidade do ponto de vista geológico e geomorfológico, ao se visualizar uma série de elementos importantes na compreensão paleogeográfica da área, o que denota seu alto valor científico: presença de um pavimento de arenitos ferruginosos, que reflete a posição da antiga linha de falésias; terraços marinhos pleistocênicos sustentando dunas fixas, testemunho da antiga linha de costa e das condições climáticas do paleoambiente, respectivamente. Possui importante valor funcional no aspecto geossistêmico, como um agente regulador da

dinâmica costeira. O alto valor econômico se justifica por ser a provável fonte, juntamente com os afloramentos no sopé da Falésia do Cabo Branco, dos georrecurso utilizados na construção da Igreja de Almagre e da Fortaleza de Cabedelo.

BARRA DE GRAMAME

A Bacia do Rio Gramame possui 589 km² e banha, além dos municípios de João Pessoa e Conde, servindo em seu médio e baixo cursos como fronteira natural, os municípios de Alhandra, Cruz do Espírito Santo, Pedras de Fogo, Santa Rita e São Miguel do Taipu (Paraíba, 2005), onde apenas Pedras de Fogo e Conde apresentam suas sedes municipais totalmente inseridas. Limita-se a leste com o oceano Atlântico, a oeste e norte com a bacia do rio Paraíba e a sul com a bacia do rio Abiaí e as microbacias dos rios Guruji e Graú.

Sua nascente localiza-se na região de Oratório, no município de Pedras de Fogo, e o rio percorre uma distância de cerca de 40 km antes de desaguar no oceano Atlântico. A maior parte da bacia encontra-se inserida no domínio dos tabuleiros litorâneos, com exceção dos seus extremos oeste, sobre o embasamento cristalino, e leste, na planície costeira. Nos tabuleiros, as altitudes variam de 30-40 m a mais de 200 m, no sentido leste-oeste, porém fora da área de estudo, o que faz supor que haja um soerguimento do terreno na porção ocidental.

da barra, o pós-praia alarga-se, na retaguarda de uma linha de berma, com a deposição de terraços marinhos holocênicos cobertos por vegetação, especialmente coqueiros. Logo em seguida, aparecem falésias inativas, com depósitos coluvionares na base, vegetados, cujo sopé é acompanhado por uma tênue linha de berma. Essas falésias apresentam estruturas neotectônicas, como falhas, dobras (Figura 15A) e intensas cicatrizes de erosão continental, com a abertura de ravinas, voçorocas e cones de dejeção (Figura 15B).

As zonas costeiras estuarinas estão protegidas pela legislação federal, a partir do Decreto n. 5.300, de 2004, que instituiu o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro. Esse plano protege as zonas, entre outros aspectos, de possíveis agentes causadores de poluição ou degradação ambiental que ameacem a qualidade de vida na zona costeira. Mesmo assim, os impactos ambientais são grandes na área, em virtude da disseminação de bares e moradias, na forma de ciaçaras, ao longo das margens da barra. Somado o grande fluxo de visitantes, intensifica-se a vulnerabilidade antrópica da área, extremamente sensível à ação humana, portanto, sujeita à poluição aquática e ao assoreamento.

Convém salientar que é uma área de ocorrência do peixe-boi marinho, espécie em extinção do litoral

brasileiro. A correnteza forte do rio agrava o risco de afogamentos, inexistindo pessoal habilitado para o resgate.

O encontro das águas do rio Gramame com o mar esverdeado, sua barra de areia fina, seus coqueiros, manguezais, vegetação nativa, falésias inativas com feições de deformação e terraços justificam o excepcional valor estético e o alto valor científico. O local possui suma importância para o ecossistema fluviomarinho, seja na forma de um vasto manguezal na planície intertidal, seja para a fauna, como o peixe-boi, e flora marinhas, o que justifica seu altíssimo valor funcional no aspecto ecológico. Este valor funcional também pode ser justificado pelo aspecto geossistêmico, visto que a área tem papel crucial na manutenção do equilíbrio na dinâmica fluviomarinha. Desde os primórdios da fundação da Capitania da Parahyba, este rio tem sido amplamente iconografado, inclusive descrito atualmente em vários registros, como o de Herckmans (1982), por exemplo, o que denota sua importância cultural.

Assim, pelos seus excepcionais valores estéticos e funcionais (ecológicos), somados ao altíssimo valor científico, representa um bem de caráter geopatrimonial na área pelo viés geológico (tectônico), geomorfológico e hidrológico, podendo ser considerado um geossítio/geomorfossítio/hidrossítio.

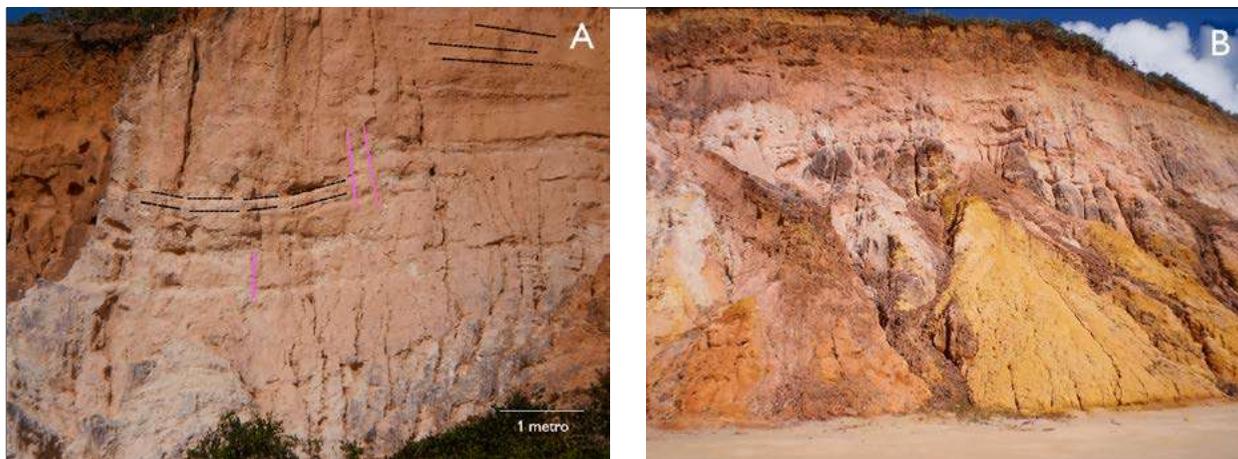


Figura 15. Algumas feições nas falésias a sul da Barra de Gramame: A) linhas escuras representam o acamamento, apresentando um dobramento com flanco aberto, e linhas rosas representam algumas das falhas transcorrentes com regime transpressional presentes, com rejeito métrico; B) cones de dejeção denotam erosão continental. Norte para direita. Fotos: Luciano S. Pereira (2019).

CONCLUSÕES

O presente artigo tem como objetivo fazer uma exposição da geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha, com o intuito de inseri-la em rotas geoturísticas costeiras urbanas. João Pessoa é um destino turístico conhecido no Brasil no que concerne ao turismo de 'sol e praia'. É pertinente, portanto, incluir o patrimônio geológico, geomorfológico, hidrológico e pedológico ao turismo nesta cidade, para fornecer outra motivação ao interesse dos turistas.

Considerando a presença dos valores estético, científico, cultural, ecológico (funcional) e econômico, foram inventariados e avaliados qualitativamente sete locais de interesse geoturístico, sendo quatro classificados como relevantes elementos da geodiversidade (Foz Primitiva do Jaguaribe, Falésia Inativa Urbana, Paleodunas do Altiplano e Arenitos Ferruginosos do Jacarapé) e três como elementos geopatrimoniais (Terraços Marinheiros Holocênicos, Falésia do Cabo Branco e Barra de Gramame).

A geodiversidade é fundamental para a manutenção do meio biótico, servindo como sustentáculo para a vida, o que lhe confere *per se* inegável valor. A divulgação destes sítios por meios diversos, a exemplo do geoturismo, para a sociedade em geral e para os turistas, em especial, é de suma importância, pensando-se na ótica da geoconservação. Afinal, o geoturismo é uma face emergente e ainda pouco desenvolvida do turismo, principalmente no Brasil, e o mapeamento da geodiversidade da Folha Nossa Senhora da Penha permanece lacunar.

A produção dessas informações, trazida a uma ampla gama de pesquisadores, cientistas, estudantes, turistas, entre outros, é importante para a construção de uma cultura urbana capaz de entender que a cidade em que vivemos hoje é muito mais complexa do que a de nossos ancestrais, e que os elementos naturais têm um papel importante na consolidação dessa conquista. Deve-se notar que a prática do geoturismo costeiro leva a uma pressão muito maior sobre os elementos da geodiversidade, aumentando, assim, a vulnerabilidade desses locais. Além disso, os envolvidos em atividades turísticas nessa área

não têm perfil geoturístico, aumentando, desse modo, as ameaças à geodiversidade.

Desse modo, a popularização e o entendimento das Geociências podem ser promovidos e essa ação serve como um registro da geodiversidade da supracitada folha. O resultado do presente estudo não apenas contribuirá para o aumento da atividade turística regional, agregando valor ao turismo, mas também divulgará a geodiversidade da região, visando sua geoconservação.

Novos estudos sobre o geopatrimônio de folhas adjacentes podem ser realizados por especialistas e pesquisadores, cujo objetivo principal é mobilizar a comunidade local, estudantes, turistas e outros, para gerenciá-lo e preservá-lo, através do uso de práticas geoconservacionistas, a fim de divulgar a geodiversidade do município, bem como as Geociências, e conservá-la. Este trabalho é apenas o primeiro passo para estudos interdisciplinares do litoral da Paraíba, visto da perspectiva do turismo. Muito pode ser feito para proteger essa geodiversidade. Viver de maneira sustentável é um objetivo difícil, mas possível.

REFERÊNCIAS

- Alheiros, M., Lima Filho, M., Monteiro, F. A. J., & Oliveira Filho, J. S. (1988). Sistemas deposicionais na Formação Barreiras no Nordeste oriental. In *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Sociedade Brasileira de Geologia, Belém.
- Alheiros, M., & Lima Filho, M. (1991). Formação Barreiras. Revisão da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. *Estudos Geológicos*, 10, 77-78.
- Alheiros, M., Ferreira, M. G. V. X., & Lima Filho, M. (1990). *Mapa geológico do Recife* [Mapa, escala 1: 25.000]. Convênio Carta Geotécnica da cidade do Recife FINEP/LSI-DEC-UFPE.
- Asmus, H. (1975). Controle estrutural da deposição mesozoica nas Bacias da Margem Continental Brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 5(3), 160-175. <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/12403>
- Asmus, H. (1982). Significado geotectônico das feições estruturais das bacias marginais e áreas adjacentes. In *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Sociedade Brasileira de Geologia, Salvador.
- Barbosa, L. M., Bittencourt, A., Dominguez, J., & Martin, L. (1986). The Quaternary coastal deposits of the State of Alagoas: influence of the relative sealevel changes. In J. Rabassa (Ed.), *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* (Vol. 4, pp. 269-290). Balkema Publ.



- Barreto, A., Bezerra, F. H., Suguio, K., Tatum, S., Yee, M., Paiva, R., & Munita, C. (2002a). Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 179, 57-69.
- Barreto, A., Suguio, K., Bezerra, F. H., Tatum, S., Yee, M., & Oliveira, P. (2002b). Datação das dunas inativas do Estado da Paraíba por meios de termoluminescência. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Sociedade Brasileira de Geologia, João Pessoa.
- Bezerra, F. H., & Vita-Finzi, C. (2000). How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brazil. *Geology*, 28(7), 591-594. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28%3C591:HAJAPM%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28%3C591:HAJAPM%3E2.0.CO;2)
- Bezerra, F. H., Amaro, V., Vita-Finzi, C., & Saadi, A. (2001). Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(1), 61-75. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00009-8)
- Bittencourt, A., Martin, L., Vilas Boas, G., & Flexor, J. (1979). The Marine Formations of the coast of the State of Bahia, Brazil. In K. Suguio, T. Fairchild, L. Martin & J. Flexor (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary* (pp. 232-253). ABEQUA.
- Bittencourt, A., Martin, L., Dominguez, J., & Ferreira, Y. (1983). Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, 13(2), 94-95. <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/12135>
- Christiano, D. (2007). *Uso de redes neurais artificiais, aplicadas no Rio Jaguaribe, João Pessoa, PB, como ferramenta de previsão para o gerenciamento ambiental* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa].
- Covello, C. (2011). *A paisagem de Itapema: estudo da geodiversidade para a educação ambiental e o geoturismo* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis].
- Decreto n. 5.300 (2004, dezembro 7). Regulamenta a Lei no 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5300.htm
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company.
- Furrier, M. (2007). *Caracterização geomorfológica e do meio físico da Folha de João Pessoa - 1: 100.000* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo].
- Grandgirard, V. (1997). *Géomorphologie, protection de la nature et gestion du paysage* [Tese de doutorado, Université de Fribourg, Fribourg].
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature* (1 ed.). John Wiley and Sons.
- Gray, M. (2008). Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm. In: C. V. Burek & C. D. Prosser (Ed.), *The history of Geoconservation* (Special Publications, 300) (pp. 31-36). The Geological Society.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature* (2 ed.). John Wiley and Sons.
- Herckmans, E. (1982). *Descrição geral da capitania da Paraíba*. A União Editora.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019). *Recenseamentos gerais e estatísticas populacionais no Brasil*. http://memoria.ibge.gov.br/sinteses-historicas/historicos-dos-censos/censos-demograficos#_ftn11
- Jardim de Sá, E. F. (1994). *A Faixa Seridó (Província Borborema, Nordeste do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia brasileira/pan-africana* [Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília].
- Leal e Sá, L. T. (1998). *Levantamento geológico-geomorfológico da bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife].
- Lima, C. C., Viviers, M. C., Moura, J. R. S., Santo, A. M., & Carmo, I. O. (1990). O Grupo Barreiras no Bacia Potiguar: relações entre o padrão de afloramento, estruturas pré-brasileiras e neotectonismo. In *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Sociedade Brasileira de Geologia, Natal.
- Machado, J. P. (1993a). *Dicionário onomástico etimológico da Língua Portuguesa* (Vol. 1, 2 ed.). Livros Horizonte.
- Machado, J. P. (1993b). *Dicionário onomástico etimológico da Língua Portuguesa* (Vol. 2, 2 ed.). Livros Horizonte
- Mansur, K. L. (2010). *Diretrizes para geoconservação do patrimônio geológico do estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio* [Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro].
- Mansur, K. L., & Silva, A. S. (2011). Society's response: assessment of the performance of the "Caminhos Geológicos" ("Geological Paths") Project, State of Rio de Janeiro, Brasil. *Geoheritage*, (3), 27-39. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0029-2>
- Martin, L., Flexor, J. M., Vilas Boas, G. S., Bittencourt, A., & Guimarães, M. M. M. (1979). Coube de variations niveau relatif de la mer au cours des 7.000 dernières années sur un secteur homogène Du littoral brésélien (Nord de Salvador-Bahia). In K. Suguio, T. Fairchild, L. Martin & J. Flexor (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary* (pp. 264-274). ABEQUA.
- Melo, A. S., & Rodriguez, J. L. (2003). *Paraíba - desenvolvimento econômico e a questão ambiental*. Grafset.

- Mohriak, W. U. (2003). Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. Vidotti & J. H. Gonçalves (Ed.), *Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil*: 87-95. CPRM.
- Nascimento, M. A., Ruschkys, U., & Mantesso-Neto, V. (2007). Geoturismo: um novo segmento de turismo no Brasil. *Global Tourism*, 3(2). http://www.geoturismobrasil.com/artigos/Geoturismo_um%20novo%20segmento%20do%20turismo%20no%20Brasil.pdf
- Nascimento, M. A., Ruchkys, U. A., & Mantesso-Neto, V. (2008). *Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico*. Ed. Sociedade Brasileira de Geologia.
- Nieto, L. M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112(2), 3-12.
- Panizza, M., & Piacente, S. (2009). Cultural geomorphology and geodiversity. In E. Reynard, P. Coratza & G. Regolini-Bissig (Ed.), *Geomorphosites* (pp. 35-48). Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Paraíba. (2004). *Mapa pedológico do Estado da Paraíba* [escala 1: 500.000]. SUDEMA.
- Paraíba. (2005). *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia do Meio Ambiente e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/documentos/plano-estadual/>
- Piekarz, G. F., & Liccardo, A. (2006). Programa Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná – situação atual e tendências. In *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Sociedade Brasileira de Geologia, Aracaju.
- Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). 2007. *Reurbanização e revitalização do Vale do Rio Jaguaribe: recuperação de áreas degradadas*. Prefeitura Municipal de João Pessoa.
- Pereira, L. S. (2017). A paisagem cultural da Capitania da Parahyba, Brasil, na ótica da iconografia do período colonial. *Pasos*, 15(1), 139-162.
- Pereira, L. S. (2019). *Mapeamento do geopatrimônio e do patrimônio cultural da região de João Pessoa (Paraíba) para fins de geoturismo urbano e costeiro* [Tese de doutorado, Universidade de Coimbra, Coimbra].
- Pereira, L. S., & Farias, T. (2016). Os valores e ameaças à geodiversidade: um olhar sobre João Pessoa, Paraíba e litoral sul do Estado. *Revista da Anpege*, 12(17), 141-166. <https://doi.org/10.5418/RA2016.1217.0007>
- Pereira, L. S., & Pereira, I. P. S. (2018). Inventário do Geopatrimônio de Joao Pessoa e Cabedelo (Paraíba), Nordeste do Brasil. *Iberografias*, 14, 43-59.
- Petri, S. (1987). Cretaceous paleogeographic maps of Brazil. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 59, 117-168.
- Rodrigues, M. L., & Fonseca, A. (2008). A valorização do geopatrimônio no desenvolvimento sustentável de áreas rurais. In *Anais do Colóquio Ibérico de Estudos Rurais - Cultura, Inovação e Território*, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Ross, J. L. (1990). *Geomorfologia, ambiente e planejamento*. Contexto.
- Rossetti, D., Valeriano, M., Bezerra, F., Brito Neves, B. B., & Góes, A. (2009). Caracterização morfológica da porção sul da Sub-bacia Alhandra, Bacia da Paraíba, com base em dados SRTM: contribuição na compreensão do arcabouço estrutural. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Rossetti, D., Góes, A., Bezerra, F. H., Valeriano, M., Brito Neves, B. B., & Ochoa, F. (2012). Contribution to the stratigraphy of the onshore Paraíba Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84(2), 313-333. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012005000026>
- Santos, D. S. (2016). *Estudo da relação entre a geodiversidade e a biodiversidade no município de Armação dos Búzios, RJ* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro].
- Sharples, C. (1993). *A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes*. Technical Report. Forestry Commission Tasmania.
- Sharples, C. (2002). *Concepts and principles of Geoconservation*. Tasmanian Parks & Wildlife Service.
- Silveira, J. A. (2004). *Percursos e processo de evolução urbana: o caso da avenida Eptácio Pessoa na cidade de João Pessoa-PB* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife].
- Suguio, K., Martin, L., & Fairchild, T. R. (1978). Quaternary marine formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. In *Anais do International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary*, Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo. <https://core.ac.uk/download/pdf/39879155.pdf>
- Szatmari, P., Françolin, J., Zanotto, O. A., & Wolff, S. (1987). Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2), 180-188. <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11920>
- Yee, M., Tatum, S., Suguio, K., Barreto, A., Momose, E., Paiva, R., & Munita, C. (2000). Thermoluminescence (TL) dating of inactive dunes from the Rio Grande do Norte Coast, Brazil. *Expanded Abstracts do Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas*, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Luciano S. Pereira contribuiu com administração de projeto, escrita (rascunho original) e metodologia; e Thiago Farias com escrita (revisão e edição), supervisão e visualização.



BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Objetivos e política editorial

O **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** tem como missão publicar trabalhos originais em biologia (zoologia, botânica, biogeografia, ecologia, taxonomia, anatomia, biodiversidade, vegetação, conservação da natureza) e geologia. A revista aceita colaborações em português, espanhol e inglês (Inglaterra) para as seguintes seções:

Artigos Científicos – textos analíticos originais, resultantes de estudos e pesquisas com contribuição efetiva para o avanço do conhecimento.

Notas de Pesquisa – relato preliminar sobre observações de campo, dificuldades e progressos de pesquisa em andamento, ou em fase inicial, enfatizando hipóteses, comentando fontes, resultados parciais, métodos e técnicas utilizados.

Memória – seção que se destina à divulgação de acervos ou seus componentes que tenham relevância para a pesquisa científica; de documentos transcritos parcial ou integralmente, acompanhados de texto introdutório; e de ensaios biográficos, incluindo obituario ou memórias pessoais.

Resenhas Bibliográficas – texto descritivo e/ou crítico de obras publicadas na forma impressa ou eletrônica..

Ética na publicação

As submissões devem atender as diretrizes do Committee on Publication Ethics (COPE), cujo texto original em inglês pode ser consultado em https://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_1.pdf e a versão traduzida para o português em <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/CCBP-COPE.pdf>. Essas diretrizes devem nortear editores, avaliadores e autores quanto a questões éticas concernentes ao processo editorial e de avaliação por pares, a fim de prevenir com relação à má conduta na publicação. Aos Editores, ao Conselho Científico e aos consultores científicos ad hoc cabe a responsabilidade ética do sigilo e da colaboração voluntária para garantir a qualidade científica das publicações e da revista. Aos autores cabe a responsabilidade da veracidade das informações prestadas, do depósito dos materiais estudados em instituições legais, quando couber, e o cumprimento das leis locais que regem a coleta, o estudo e a publicação dos dados. Recomendamos a leitura do “Código de boas práticas científicas”, elaborado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), disponível em https://fapesp.br/boaspraticas/FAPESP-Codigo_de_Boas_Praticas_Cientificas_2014.pdf. A revista passou a adotar nas submissões o sistema de detecção de plágio Similarity Check, da Crossref. Títulos que forem verificados como similares a publicações anteriores serão rejeitados. Caso necessário, serão publicadas retratações e correções, baseadas nos procedimentos recomendados no “Retraction Guidelines”, do COPE, disponível em <https://publicationethics.org/files/cope-retraction-guidelines-v2.pdf>.

Apresentação de originais

O Boletim recebe contribuições somente em formato digital. Os arquivos digitais dos artigos devem ser submetidos online na plataforma via o site da revista (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), fornecendo obrigatoriamente as informações solicitadas pela plataforma.

Cadastramento

O(s) autor(es) deve(m) realizar o cadastro, criando uma conta pessoal na plataforma online, na seção “Cadastro” (<https://boletimcn>).

museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=user&op=register), e preencher corretamente o perfil. O cadastramento/criação de uma conta precisa ser feito somente uma vez. Após isso, a conta deve ser usada para todas as submissões de trabalhos, revisões e pareceres.

Encaminhamento

1. Faça seu cadastro como Autor ou, caso já possua cadastro, clique em Acesso (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), para iniciar a Submissão de seu trabalho;
2. Para acessar seu perfil, clique em login, na parte superior da tela;
3. Para fazer a Submissão do seu trabalho, clique no botão “Nova Submissão”, no canto esquerdo da tela; Abrirá uma tela com as normas da revista e condições para submissão. Lembre-se de marcar os itens obrigatórios, destacados com asterisco;
4. Escolha a seção e confirme todos os requisitos para a submissão. Caso haja algum comentário para o Editor (possíveis conflitos de interesses ou outras questões que o autor julgar relevantes), é possível informar nesta etapa. Após isso, é necessário clicar em “Salvar e continuar”;
5. Na opção “Carregar arquivo de submissão”, selecione os itens “Folha de Rosto”, “Texto do artigo” e “Lista de avaliadores” e faça o upload dos respectivos arquivos. Caso haja imagens, elas devem ser carregadas também neste momento. Em seguida, em “Metadados”, o autor deve editar o nome do arquivo, a fim de garantir o sigilo necessário à etapa de avaliação por pares. Após isso, clique em “Concluir”;
6. Cada um dos arquivos aparecerá em “Arquivos da Submissão”. Salve e continue;
7. Em “Dados de submissão”, todas as informações sobre os autores do trabalho deverão ser inseridas. Para informar os dados dos coautores, é necessário clicar em “Incluir contribuidor”. Não esqueça de atribuir o papel de cada autor. Salve ao final;
8. Insira o título nos idiomas solicitados – o símbolo do planeta Terra ficará verde após a inserção do título nos idiomas selecionados. O resumo também deverá constar nos idiomas solicitados;
9. No próximo passo, o sistema irá confirmar se seu arquivo está pronto para ser enviado. Se estiver tudo correto, clique em OK.

A revista possui um Conselho Científico. Os trabalhos submetidos são primeiramente avaliados pelo Editor ou por um dos Editores Associados. O Editor reserva-se o direito de sugerir alterações nos trabalhos recebidos ou devolvê-los, caso não estejam de acordo com os critérios exigidos para publicação.

Uma vez aceitos, os artigos seguem para avaliação por pares (peer-review). Os artigos são analisados por dois especialistas, no mínimo, que não integram a Comissão Editorial. Caso haja discordância entre os pareceres, o trabalho é submetido a outro(s) especialista(s). Caso mudanças ou correções sejam recomendadas, o trabalho é devolvido ao(s) autor(es), que terá(ão) um prazo de trinta dias para elaborar nova versão.

A publicação implica cessão integral dos direitos autorais do trabalho à revista. A declaração para a cessão de direitos autorais é enviada juntamente com a notificação de aceite do artigo. Deve ser devolvida assinada via e-mail. Todos os autores devem assinar uma declaração.

Preparação de originais

Todas as submissões devem ser enviadas por meio da plataforma de submissão online. Os originais devem ser enviados em Word, com fonte Times New Roman, tamanho 12, entrelinha 1,5, em laudas sequencialmente numeradas.

No momento da submissão, os arquivos mencionados abaixo devem ser carregados na plataforma de submissão:

O primeiro arquivo (Folha de rosto) deve conter: título (no idioma do texto e em inglês); resumo; abstract; palavras-chave e keywords. Além disso, este arquivo deve conter um parágrafo com informações sobre a contribuição de cada um dos autores, que deve ser descrito usando as seguintes categorias: 1) Administração de projeto; 2) Análise formal; 3) Aquisição de financiamento; 4) Conceituação; 5) Curadoria de dados; 6) Escrita - rascunho original; 7) Escrita - revisão e edição; 8) Investigação; 9) Metodologia; 10) Recursos; 11) Software; 12) Supervisão; 13) Validação; 14) Visualização. Cada um dos autores deve ter contribuído em pelo menos duas

destas categorias. Para mais informações sobre as contribuições dos autores, consulte: <https://www.elsevier.com/authors/policies-and-guidelines/credit-author-statement>. Este arquivo deve ser carregado como arquivo do Word.

O segundo arquivo (Texto do artigo) deve conter: título (no idioma do texto e em inglês), resumo, abstract, palavras-chave e keywords, introdução, material e métodos, resultados, discussão (a qual pode ser apresentada junto com os resultados), conclusão, agradecimentos, referências, legendas das figuras e tabelas (se for o caso). Tabelas devem ser digitadas em Word, sequencialmente numeradas, com claro enunciado. Este arquivo deve ser enviado como arquivo do Word.

Um terceiro arquivo (Lista de avaliadores), contendo o nome, titulação e e-mail de seis possíveis revisores deve ser enviado como arquivo do Word. Nesse arquivo, também podem ser especificados os revisores que devem ser evitados.

Todas as figuras (ilustrações, gráficos, imagens, diagramas etc.) (PDF com imagens) devem ser apresentadas em páginas separadas e numeradas, com as respectivas legendas, e submetidas na plataforma online como PDF. As imagens também devem ser submetidas separadamente (em arquivos individuais) e ter resolução mínima de 300 dpi e tamanho mínimo de 1.500 pixels, em formato JPEG ou TIFF, obedecendo, se possível, as proporções do formato de página do Boletim, nos limites de 16,5 cm de largura e 20 cm de altura (para uso em duas colunas) ou 8 cm de largura e 20 cm de altura (para uso em uma coluna). As informações de texto presentes nas figuras, caso possuam, devem estar em fonte Arial, com tamanho entre 7 e 10 pts. O texto deve, obrigatoriamente, fazer referência a todas as tabelas, gráficos e ilustrações.

Chaves devem ser apresentadas no seguinte formato:

1. Lagarto com 4 patas minúsculas.....	2
Lagarto com 4 patas bem desenvolvidas.....	3
2. Dígito geralmente sem unhas, dorsais lisas.....	<i>Bachia flavescens</i>
Dígito com unhas, dorsais quilhadas.....	<i>Bachia panoplia</i>
3. Mãos com apenas 4 dedos.....	4
Mãos com 5 dedos.....	5
4. Escamas dorsais lisas.....	<i>Gymnophthalmus underwoodii</i>
Escamas dorsais quilhadas.....	<i>Amapasaurus tetradactylus</i>
5. Cabeça com grandes placas.....	6
Cabeça com escamas pequenas.....	7
6. Placas posteriores da cabeça formam uma linha redonda.....	<i>Alopoglossus angulatus</i>
Placas posteriores da cabeça formam uma linha reta.....	<i>Arthrosaura kockii</i>
7. Etc.	
Etc.	

Pede-se destacar termos ou expressões por meio de aspas simples. Apenas termos científicos latinizados ou em língua estrangeira devem constar em itálico. Observar cuidadosamente as regras de nomenclatura científica, assim como abreviaturas e convenções adotadas em disciplinas especializadas. Os artigos deverão seguir as recomendações da APA 7th Edition - Citation Guide (<https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references/examples>) para uso e apresentação de citações e de referências. Todas as obras citadas ao longo do texto devem estar corretamente referenciadas ao final do artigo.

Estrutura básica dos trabalhos

Título – No idioma do texto e em inglês (quando este não for o idioma do texto). Deve ser escrito em caixa baixa, em negrito, centralizado na página.

Resumo e Abstract – Texto em um único parágrafo, ressaltando os objetivos, métodos e conclusões do trabalho, com, no máximo, duzentas palavras, no idioma do texto (Resumo) e em inglês (Abstract). A versão para o inglês é de responsabilidade do(s) autor(es).

Palavras-chave e Keywords – Três a seis palavras que identifiquem os temas do trabalho, para fins de indexação em bases de dados.

Introdução – Deve conter uma visão clara e concisa de conhecimentos atualizados sobre o tema do artigo, oferecendo citações pertinentes e declarando o objetivo do estudo.

Material e métodos – Exposição clara dos métodos e procedimentos de pesquisa e de análise de dados. Técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Termos científicos, incluindo espécies animais e vegetais, devem ser indicados de maneira correta e completa (nome, autor e ano de descrição).

Resultados e discussão – Podem ser comparativos ou analíticos, ou enfatizar novos e importantes aspectos do estudo. Podem ser apresentados em um mesmo item ou em separado, em sequência lógica no texto, usando tabelas, gráficos e figuras, dependendo da estrutura do trabalho.

Conclusão – Deve ser clara, concisa e responder aos objetivos do estudo.

Agradecimentos – Devem ser sucintos: créditos de financiamento; vinculação do artigo a programas de pós-graduação e/ou projetos de pesquisa; agradecimentos pessoais e institucionais. Nomes de instituições devem ser por extenso, de pessoas pelas iniciais e sobrenome, explicando o motivo do agradecimento.

Referências – Devem ser listadas ao final do trabalho, em ordem alfabética, de acordo com o sobrenome do primeiro autor. No caso de mais de uma referência de um mesmo autor, usar ordem cronológica, do trabalho mais antigo ao mais recente. No caso de mais de uma publicação do mesmo autor com o mesmo ano, utilizar letras após o ano para diferenciá-las. Nomes de periódicos devem ser por extenso. Teses e dissertações acadêmicas devem preferencialmente estar publicadas. Todas as referências devem seguir as recomendações da APA 7th Edition - Citation Guide:

Livro: Weaver, C. E. (1989). *Clays, muds and shales*. Elsevier.

Capítulo de livro: Aranha, L. G., Lima, H. P., Makino, R. K., & Souza, J. M. (1990). Origem e evolução das bacias de Bragança - Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In E. J. Milani & G. P. Raja-Gabaglia (Eds.), *Origem e evolução das bacias sedimentares* (pp. 221-234). Petrobras.

Artigo de periódico: Gans, C. (1974). New records of small amphisbaenians from northern South America. *Journal of Herpetology*, 8(3), 273-276. <http://dx.doi.org/10.2307/1563187>.

Série/Coleção: Camargo, C. E. D. (1987). *Mandioca, o "pão caboclo": de alimento a combustível* (Coleção Brasil Agrícola). Ícone.

Documento eletrônico: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2011). *Censo Demográfico 2010*. <https://censo2010.ibge.gov.br/>

Provas

Os trabalhos, depois de formatados, são encaminhados em PDF para a revisão final dos autores, que devem devolvê-los com a maior brevidade possível. Os pedidos de alterações ou ajustes no texto devem ser feitos por escrito. Nessa etapa, não serão aceitas modificações no conteúdo do trabalho ou que impliquem alteração na paginação. Caso o autor não responda ao prazo, a versão formatada será considerada aprovada. Os artigos são divulgados integralmente no formato PDF na página eletrônica do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais (<https://boletimcn.museu-goeldi.br>), com acesso aberto.

Endereço para correspondência

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP 66077-530. Belém - PA - Brasil

Telefone: 55-91-3075-6186

E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

Lembre-se:

1 - Antes de enviar seu trabalho, verifique se foram cumpridas as normas acima. Disso depende o início do processo editorial.

2 - Após a aprovação, os trabalhos são publicados por ordem de chegada. O Editor Científico também pode determinar o momento mais oportuno.

3 - É de responsabilidade do(s) autor(es) o conteúdo científico do artigo, o cuidado com o idioma em que ele foi concebido, bem como a coerência da versão para o inglês do título, do resumo (abstract) e das palavras-chave (keywords). Quando o idioma não estiver corretamente utilizado, o trabalho pode ser recusado.

BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. CIÊNCIAS NATURAIS

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Goals and editorial policy

The mission of the **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** is to publish original works on Biology (zoology, botany, biogeography, ecology, taxonomy, anatomy, biodiversity, vegetation, nature conservation) and Geology. The journal accepts contributions in Portuguese, Spanish, and English (UK) for the following sections:

Articles – Scientific and original analytical papers stemming from studies and research, which effectively contribute to building knowledge in the field. Maximum length: 50 pages.

Short Communications – Preliminary reports on field observations, problems and progress of current research, emphasizing hypotheses, mentioning sources, partial results, methods and techniques used. Maximum length: 15 pages.

Memory – Section intended to report on museum collections, that are relevant for scientific issues; and biographical essays, including obituaries or personal memories. Maximum length: 15 pages.

Book Reviews – Text discussing recently published books in the field of natural sciences, in print or electronically. Maximum length: 5 pages.

Publication ethics

Submissions must comply with the guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE), the English text of which can be consulted at https://publicationethics.org/files/Code_of_conduct_for_journal_editors_1.pdf and the Portuguese version at <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/CCBP-COPE.pdf>. These guidelines should orientate editors, reviewers, and authors with regard to ethical issues that concern the editorial and peer-review processes, in order to prevent improper publishing practices. The ethical responsibility for confidentiality during the publication process and for voluntary collaboration to ensure the scientific quality of the journal rests with the editors, the scientific board, and the ad hoc scientific consultants. The authors are responsible for the veracity of the information provided, for the deposit of the studied materials in legal institutions, when applicable, and for compliance with local laws that govern the collection, study and publication of the results. We recommend reading the "Code of Good Scientific Practice", prepared by the São Paulo Research Foundation (FAPESP) (https://fapesp.br/boaspraticas/FAPESP-Codigo_de_Boas_Praticas_Cientificas_2014.pdf). Submissions to the journal are checked with software plagiarism detection Similarity Check, by Crossref. Submissions found to be similar to previous publications will be rejected. If necessary, retractions and corrections will be published, based on the procedures recommended in the "Retraction Guidelines" of the COPE, available at: <https://publicationethics.org/files/cope-retraction-guidelines-v2.pdf>.

Article proposals

The Boletim only accepts original contributions in digital format. Digital manuscripts should be submitted via the online platform (<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login>), providing additional information requested during the various steps of the submission process.

Registration

Authors must register in order to create a password-protected personal account on the online platform in the section "Register"

(<https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=user&op=register>), and correctly fill in the profile. Registration and the creation of an account need be done only once. Thereafter, the account should be used for current and future submissions to the Boletim.

Submission

1. Register as an Author or, if you already are registered, click "Access" to begin manuscript submission.
2. To access your profile, click "Login" at the top of the screen.
3. To submit your manuscript, click "New Submission" in the left corner of the screen. This will open a screen with norms and conditions for submission to the journal. Remember to include the required items that are marked with an asterisk.
4. Choose the section and confirm all the requirements for submission. If you have comments for the Editor (possible conflicts of interest or other relevant issues), you can communicate them at this stage. After that, click "Save and continue".
5. In the "Upload Submission File" option, select "Title Page", "Article Text" and "Referee List" and upload the respective files. Images should be uploaded at this time. In "Review Details", the author should edit the file name in order to guarantee privacy for peer review of the manuscript. Then click "Complete".
6. Each file will appear in "Submission Files". Click "Save and continue".
7. In "Enter Metadata", all author information should be included. To enter data on co-authors, click "Add Contributor". Do not forget to assign the role of each author. Click "Save and continue" to continue the submission process.
8. Enter the manuscript title in the requested languages. The Planet Earth symbol will turn green after the title is inserted in the selected language. The manuscript's abstract should also appear in the requested languages.
9. In the final step, the system will confirm that your file is ready to be sent. If everything is correct, click "OK".

The journal has a Scientific Board. The manuscripts are first examined by the Editor or by one of the Associate Editors. The Editor has the right to recommend alterations be made to the papers submitted or to return them when they fail to comply with the journal's editorial policy. The magazine adopts plagiarism detection systems for submissions available on free platforms. Titles found to be similar to previous publications will be rejected.

Upon acceptance, the manuscripts are submitted to peer-review and are reviewed by two specialists who are not members of the Editorial Commission. In the event of disagreement, the manuscript is submitted to other(s) referee(s). If changes or corrections need to be made, the manuscript is returned to the authors who will have thirty days to send a new version.

Publication means fully assigning and transferring all copyrights of the manuscript to the journal. The Liability Statement and Assignment of Copyrights will be enclosed with the notice of acceptance. All the authors must sign the document and return it to the journal.

Preparing manuscripts

The manuscripts should be sent in Word for Windows formats, in Times New Roman, font 12, 1.5 spacing between lines, and pages must be sequentially numbered.

At the time of manuscript submission, the three files specified below must be uploaded to the submission platform:

The first file (Title page) should contain: title (in the language of the text and in English), abstract, resumo, keywords, and palavras-chave. This file should be uploaded as Word file. In addition, add a paragraph with information about the authors contributions, which should be described using the following categories: 1) Conceptualization; 2) Data curation; 3) Formal analysis; 4) Funding acquisition; 5) Investigation; 6) Methodology; 7) Project administration; 8) Resources; 9) Software; 10) Supervision; 11) Validation; 12) Visualization; 13) Writing-original draft;

14) Writing-review & editing. Each author should have contributed in at least two of them. For more information on the author's contributions, please check: <https://www.elsevier.com/authors/policies-and-guidelines/credit-author-statement>. This file should be uploaded as Word file.

The second file (Article Text) should contain: title (in the language of the text and in English), abstract, *resumo* (abstract in Portuguese), keywords, and *palavras-chave* (keywords in Portuguese), introduction, material and methods, results, discussion (discussion and results can be presented together), conclusions, acknowledgments, references, figure legends, and tables. Tables should be in Word format, sequentially numbered, and with clear captions. This file should be uploaded as Word file.

A third file (Referee list) containing the name, title and e-mail of six possible reviewers should be submitted as Word file. In this file you can also specify reviewers who should be avoided.

All figures (illustrations, graphs, pictures, diagrams, etc.) (PDF with images) should be presented on separate, numbered pages with their respective captions, and submitted separately on the online platform. Images require minimum resolution of 300 dpi and minimum size of 1,500 pixels, in JPEG or TIFF format. If possible, respect the page sizes of the Bulletin, namely 16.5 cm wide and 20 cm tall (for images occupying two columns) or 8 cm wide and 20 cm tall (for images occupying one column). When text is contained in images, the font used should be Arial, 7 to 10 pt. All tables, graphs and images must be necessarily mentioned in the text body.

Keys have to be presented in the following format:

1. Lizard with 4 small limbs.....	2
Lizard with 4 well developed limbs.....	3
2. Fingers and toes generally without nails, dorsals smooth	<i>Bachia flavescens</i>
Fingers and toes with nails, dorsals keeled.....	<i>Bachia panoplia</i>
3. Hands with only 4 fingers.....	4
Hands with 5 fingers.....	5
4. Dorsalscales smooth.....	<i>Gymnophthalmusunderwoodii</i>
Dorsal scales keeled.....	<i>Amapasaurus tetradactylus</i>
5. Head with large scales.....	6
Head with small scales.....	7
6. Posterior scales of head forming a rounded line	<i>Alopoglossus angulatus</i>
Posterior scales of head forming a straight line.....	<i>Arthrosaura kockii</i>
7. Etc. Etc.	

To highlight terms or phrases, please use single quotation marks. Only foreign language words and phrases, and Latinized scientific names should be in italics. Articles must follow the recommendations of the APA 7th Edition - Citation Guide (<https://apastyle.apa.org/stylegrammar-guidelines/references/examples>) for the use and presentation of citations and references. All quotations in the text body must be accurate and listed at the end of the paper.

Basic text structure

Title – The title must appear both in the original language of the text and in English (when English is not the original language). Title must be centralized and in bold. Do not use capitals.

Abstract – This section should be one paragraph long and highlight the goals, methods, and results of the study. Maximum length: 200 words. The abstract should be presented both in Portuguese/Spanish and in English. The authors are responsible for the English translation.

Keywords – Three to six words that identify the topics addressed, for the purpose of indexing the paper in databases.

Introduction – The introduction should contain a clear and concise description based on state-of-the-art knowledge on the topic addressed. It should provide relevant quotations, and express the goals of the study clearly.

Materials and Methods – This section contains clear information on methods, procedures and data analysis. Previously published studies should not be described, only mentioned. Scientific terms, including the names of plants and animals, should be provided correctly and accurately (name, author, year of description).

Results and Discussion – The results and discussion can be comparative or analytical, or emphasize new and important aspects of the study. They can be addressed together under the same topic, or separately according to the logical order of the paper by using tables, graphics and pictures depending on the structure of the text.

Conclusion – The conclusion should be clear and concise, and should mirror the goals of the study.

Acknowledgements – Acknowledgements are brief and can mention: support and funding; connections to graduate programs and/or research projects; acknowledgement to individuals and institutions. The names of institutions should be written in full, those of individuals with initials and family name, indicating what motivated the acknowledgement.

References – References should appear at the end of the text in alphabetical order according to the last name of the first author. In the event of two or more references to the same author, please use chronological order starting with the earliest work. In case there are several publications by the same author in the same year, use lower case letters behind the year to differentiate them. Theses and academic dissertations preferably must have been published. All references must follow the recommendations of the APA 7th Edition - Citation Guide:

Book: Weaver, C. E. (1989). *Clays, muds and shales*. Elsevier.

Chapter in book: Aranha, L. G., Lima, H. P., Makino, R. K., & Souza, J. M. (1990). Origem e evolução das bacias de Bragança - Viseu, S. Luís e Ilha Nova. In E. J. Milani & G. P. Raja-Gabaglia (Eds.), *Origem e evolução das bacias sedimentares* (pp. 221-234). Petrobras.

Article in journal: Gans, C. (1974). New records of small amphisbaenians from northern South America. *Journal of Herpetology*, 8(3), 273-276. <http://dx.doi.org/10.2307/1563187>

Series/Collection: Camargo, C. E. D. (1987). *Mandioca, o "pão caboclo": de alimento a combustível* (Coleção Brasil Agrícola). Ícone.

Electronic document: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2011). *Censo Demográfico 2010*. <https://censo2010.ibge.gov.br/>

Proofs

Authors will receive their paper in PDF format for final approval, and must return the file as soon as possible. Authors must inform the Editors in writing of any changes in the text and/or approval issues. At this stage, changes concerning content or changes resulting in an increase or decrease in the number of pages will not be accepted. In the event the author does not meet the deadline, the formatted paper will be considered approved by the author. The papers will be disclosed in full, in PDF format in the journal website (<https://boletimcn.museu-goeldi.br>).

Mailing address

Museu Paraense Emílio Goeldi

Editor do Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais

Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme. CEP 66077-530. Belém - PA - Brazil

Phone: 55-91-3075-6186

E-mail: boletim.naturais@museu-goeldi.br

Please note:

1 - Before submitting your manuscript to the journal, please check whether you have complied with the norms above. For the editorial process to begin, submitters must comply with the policy.

2 - After acceptance, the papers will be published according to order of arrival. The Scientific Editor may also decide on the most convenient time for publication.

3 - The authors are fully responsible for the scientific content of their manuscripts, language quality, in addition to accuracy between the original and the English version of the title, abstract and keywords. When language is not correct a manuscript can be refused.

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi
Formato: 50P0 x 59P6
Tipografia: MPEG



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL