

BOLETIM MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
**CIÊNCIAS
NATURAIS**

v. 20 n. 2 maio/agosto de 2025



Interações interespecíficas com vespas sociais

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



v. 20, n. 2
maio-agosto
2025



IMAGEM DA CAPA
Vespas da espécie
Pseudopolybia vespiceps.
Foto: Fernando
Carvalho Filho.
IA (redimensão).

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 Emilio 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
Alexandre Felipe Raimundo Missassi
Aluísio José Fernandes Júnior
Ana Carla Feio dos Santos
Ana Kelly Koch
André dos Santos Bragança Gil
Débora Rodrigues de Souza Campana
Divino Bruno da Cunha
José Nazareno Araújo dos Santos Junior
Layla Jamylle Costa Schneider
Leonardo de Sousa Miranda
Milena Marília Nogueira de Andrade
Priscila Sanjuan de Medeiros Sarmento
Sue Anne Regina Ferreira Costa
Valéria Juliete da Silva
William Leslie Overal

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 - Rafaela Lima
Editoração, versão eletrônica e capa deste número - Talita do Vale
Normalização - Adrienny Souza, Diana Gomes Lopes, Luiz Ramiro Cardoso e Rafaela Lima
Apoio em revisão ortográfica - Adrienny Souza, Diana Gomes Lopes e Luiz Ramiro Cardoso
Projeto Gráfico - Elayna Ono

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
Museu Paraense Emílio Goeldi

Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi

Ciências Naturais



ISSN 2317-6237

Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi	Cienc. Nat.	Belém	v. 20	n. 2	maio-agosto 2025
-------------------------------	-------------	-------	-------	------	------------------

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:

<https://boletimcn.museu-goeldi.br>

http://issuu.com/bgoeldi_cn

SUBMISSÃO DE TRABALHOS:

[https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=](https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login)

[bcnaturais&page=login](https://boletimcn.museu-goeldi.br/ojs/?journal=bcnaturais&page=login)

AQUISIÇÃO:

Permuta: mgdoc@museu-goeldi.br

Venda: livraria@museu-goeldi.br

INDEXADORES

CAB Abstracts

IBSS - International Bibliography of the Social Sciences

DOAJ - Directory of Open Access Journals

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. 2025. – Belém: MPEG, 2025. v. 20 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. Botânica. 2. Ecologia. 3. Entomologia. 4. Herpetologia. 5. Ornitologia. 6. Taxonomia. 7. Zoologia. I. Museu Paraense Emílio Goeldi.

CDD-21ª.ed. 500

© Direitos de Cópia/Copyright 2025 por/by MCTI/Museu Goeldi

Publicado em setembro de 2025



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



CARTA DO EDITOR

No sumário da segunda edição de 2025 do **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, a diversidade temática dos trabalhos publicados reflete a amplitude e a vitalidade das pesquisas em ecologia, etologia, história natural e conservação no Brasil e em países vizinhos. Os artigos e as notas científicas abordam desde registros inéditos da fauna e interações ecológicas raras até análises detalhadas de acervos históricos e levantamentos sistemáticos de biodiversidade. As contribuições aqui reunidas não apenas ampliam o conhecimento científico sobre diferentes grupos taxonômicos e ambientes, como também destacam a importância do monitoramento contínuo, da valorização de coleções biológicas e da formação de redes de pesquisa para a conservação da biodiversidade sul-americana.

Na área da ecologia, Luz e colaboradores, no artigo “Efeitos do ambiente sobre a diversidade beta de percevejos semiaquáticos em riachos amazônicos sob influência de extração de bauxita”, avaliaram como diferentes usos do solo – floresta, pastagem e mineração – influenciam a diversidade beta de percevejos semiaquáticos do grupo Gerromorpha. Este estudo foi conduzido na região amazônica, município de Paragominas, Pará, Brasil. Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas na estrutura ambiental entre os tipos de uso do solo, foi observado que a diversidade beta e, especialmente, a substituição de espécies foram fortemente associadas a variáveis locais do *habitat*, como largura do canal, cobertura de dossel e temperatura da água. Tais resultados indicam que a heterogeneidade ambiental dos riachos é um fator-chave para a manutenção da diversidade de insetos aquáticos, independentemente do uso do solo ao redor. Os autores concluíram que a diversidade beta de percevejos semiaquáticos é uma ferramenta sensível para avaliar impactos ambientais, com implicações relevantes para estratégias de conservação e monitoramento em áreas sob influência de mineração na Amazônia.

Alves e colaboradores, no artigo “Dieta de *Athene cunicularia* (Strigidae) no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ilha do Fundão, Brasil”, apresentaram uma análise qualitativa da dieta da coruja-buraqueira (nome científico: *Athene cunicularia*) em ambiente urbano antropizado junto ao prédio da Reitoria da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. As amostras foram obtidas por meio da coleta de 47 pelotas regurgitadas nas proximidades de ninhos. A análise revelou a presença de artrópodes em 100% das pelotas e de vertebrados em 85,1%. Coleópteros (besouros), ortópteros (gafanhotos e grilos) e aranhas foram os principais invertebrados identificados. Dentre os vertebrados, destacaram-se lagartixas, camundongos e anuros (sapos, rãs e pererecas). Esses dados reforçam a característica generalista da espécie, bem como seu papel potencial no controle de populações de pequenos vertebrados e artrópodes em ambientes urbanizados.

O artigo de Navega-Gonçalves e colaboradores, “Avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e sua importância na restauração e conservação da Floresta Estacional Semidecidual”, traz os resultados de um levantamento sistemático da avifauna realizado entre 2020 e 2023 no Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, Brasil. Foram registradas 131 espécies de aves, distribuídas em 18 ordens e 41 famílias, incluindo espécies endêmicas da Mata Atlântica, exóticas e migratórias. O estudo identificou pelo menos 39 espécies com potencial para atuar como dispersoras de sementes, polinizadoras ou ambas, ressaltando sua relevância ecológica para a restauração

e a conservação da Floresta Estacional Semidecidual, bioma-alvo do Jardim Botânico. Além do inventário taxonômico, o artigo traz dados comportamentais, como interações reprodutivas, uso da área como *habitat* e pressão antrópica. A presença significativa de aves insetívoras e onívoras, aliada à importância da lagoa existente na área, reforça a função ecológica do espaço como refúgio e corredor ecológico. Os resultados evidenciam a necessidade de medidas de proteção e manejo, bem como a relevância do monitoramento contínuo da avifauna como ferramenta de gestão ambiental.

Cardoso e colaboradores apresentam, em “The invisible architects: evaluating our understanding of planktonic tunicates in the Atlantic”, uma revisão bibliográfica abrangente sobre os invertebrados marinhos da classe Appendicularia, com foco especial na região do Atlântico Sudoeste, em particular na costa brasileira. Apesar de sua reconhecida importância nos ciclos biogeoquímicos e no transporte vertical de carbono, esses organismos ainda são pouco estudados, especialmente em águas brasileiras. Foram analisadas 83 publicações, das quais apenas 13,3% se dedicavam especificamente ao grupo. Foram identificadas 34 espécies nas ecorregiões brasileiras, sendo *Oikopleura dioica*, *O. fusiformis*, *O. longicauda* e *O. rufescens* as mais frequentes. A análise revelou uma lacuna significativa na formação de grupos de pesquisa especializados no Brasil, contrastando com a presença consolidada de um grupo argentino atuante no Atlântico Sul. Os resultados evidenciam a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura, formação de taxonomistas e aproveitamento de coleções zoológicas existentes. Reforça-se, ainda, a importância de compreender o papel ecológico desses organismos nos ecossistemas marinhos brasileiros e de incluí-los em agendas nacionais de pesquisa oceanográfica.

Ainda sobre revisões sistemáticas, o estudo de Moura e Simões, intitulado “Publication trends on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil”, apresentou o estado da arte da bioacústica de anuros no Nordeste do Brasil, reunindo e analisando 123 publicações entre 2000 e 2020. Foram identificadas tendências temporais, lacunas de conhecimento e padrões de colaboração científica. O número de estudos aumentou significativamente na última década, acompanhado de um crescimento na participação de instituições nordestinas e no número médio de autores por artigo, refletindo maior colaboração. No entanto, a qualidade metodológica das publicações manteve grande variabilidade, sem tendência clara de melhoria, especialmente no reporte de informações essenciais, como tamanho corporal dos indivíduos, número de chamados analisados, coordenadas geográficas e temperatura ambiental – dados fundamentais para comparações reprodutíveis. A maioria dos trabalhos concentrou-se nos biomas Mata Atlântica e Caatinga, sendo escassos os registros no Cerrado e na Floresta Amazônica, evidenciando lacunas geográficas importantes. Também foi detectada baixa frequência de depósito dos arquivos sonoros em coleções científicas, prática essencial para a preservação e o reuso dos dados. Os resultados oferecem subsídios para orientar futuras pesquisas, priorizar regiões e espécies pouco estudadas e melhorar a padronização metodológica, visando ampliar a robustez e a aplicabilidade dos estudos de bioacústica na conservação e taxonomia de anuros.

Além dos artigos, essa edição é composta por sete notas científicas. A primeira delas, de autoria de Fôlha-Ferreira e colaboradores, “Nesting of *Partamona helleri* (Fries, 1900) (Apidae) in an abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) in Southeastern Brazil”, relatou um caso inédito de reutilização de ninho de vespa social (nome científico: *Polybia scutellaris*) por uma abelha sem ferrão (*Partamona helleri*), observado em uma área antropizada no sul de Minas Gerais. A colônia de abelhas ocupou completamente o ninho previamente abandonado pelas vespas, sem utilizar suas células de cria, mas reaproveitando a estrutura externa, provavelmente como abrigo e economia energética na fase inicial da colônia. O estudo sugere que a arquitetura protetora dos ninhos de vespas sociais pode favorecer sua reutilização por outras espécies, especialmente em ambientes degradados, e destaca a plasticidade ecológica na construção de ninhos por *P. helleri*.

A nota científica de Souza e colaboradores, “Occupation of *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) nest by *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae)”, também registrou a reutilização do ninho de um inseto social, vespa da espécie *Chartergellus communis*, por outro grupo de insetos, no caso, cupins da espécie *Nasutitermes unduliceps*. Este é o segundo registro conhecido da reutilização de ninhos de vespas sociais por cupins, sendo que o primeiro envolve essas duas espécies. O caso foi documentado no Parque Nacional Grande Sertão Veredas, Minas Gerais, Brasil, onde um ninho previamente ativo de *C. communis* foi encontrado abandonado e posteriormente ocupado por cupins da espécie *N. unduliceps*, que utilizaram a estrutura como ninho satélite. Este relato amplia o conhecimento sobre as interações ecológicas entre vespas sociais e cupins, ressaltando a importância da reutilização de estruturas como estratégia de economia energética por parte de cupins arborícolas. O estudo também reforça a necessidade de mais observações para determinar se os cupins se limitam a reutilizar ninhos abandonados ou se também podem invadir ninhos ainda ativos.

Na nota “Honeydew of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) as a food resource for social wasps (Vespidae: Polistinae) in an urban area within the Atlantic Forest-Cerrado ecotone”, Oliveira e colaboradores apresentaram informações sobre a interação interespecífica entre a cigarrinha-do-pedúnculo (nome científico: *Aethalion reticulatum*) e vespas sociais da subfamília Polistinae em área urbana, localizada no ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica, no Sudeste do Brasil. Foram registrados 54 indivíduos de dez espécies de vespas sociais consumindo a substância açucarada excretada pela cigarrinha-do-pedúnculo, revelando não apenas a utilização simultânea desse recurso por múltiplas espécies, mas também comportamentos etológicos distintos relacionados à competição e ao acesso ao recurso. Esses dados contribuem para o entendimento das interações tróficas em ambientes urbanizados e destacam a importância das excretas açucaradas produzidas por insetos hemípteros como fonte alimentar alternativa para vespas sociais, reforçando o papel ecológico desses insetos em ecossistemas urbanos e ecotonais. Os resultados ainda indicam que a interação observada pode ser interpretada como cleptobiose ou comensalismo, variando conforme o contexto comportamental das espécies envolvidas.

A nota científica de Schunck e Santos, intitulada “Documentation of feeding associations of the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), and the Wattled Jacana, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), with the capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitated by its beating behavior”, documentou o primeiro registro da associação alimentar entre o frango-d'água-azul (nome científico: *Porphyrio martinica*) e a capivara (nome científico: *Hydrochoerus hydrochaeris*), além de novas observações da já conhecida associação com a jacanã (nome científico: *Jacana jacana*). As observações foram realizadas em uma área alagada no Sudeste do Brasil, onde aves aquáticas acompanharam capivaras em deslocamento para capturar invertebrados no substrato perturbado pelo movimento dos mamíferos – comportamento conhecido como ‘batedor’. Em um dos registros, o frango-d'água-azul foi observado alimentando-se de carrapatos diretamente no corpo da capivara, o que representa uma interação inédita para a espécie. O estudo levanta questões relevantes para a ecologia e a saúde pública, dado o papel dos carrapatos como vetores da febre maculosa. A documentação inclui registros fotográficos e vídeos depositados na *Macaulay Library*, ampliando a base de dados para futuras investigações.

Na nota “Ocorrência de *Catharus fuscescens*, sabiazinho-norte-americano (Passeriformes: Turdidae), no sul do estado de Minas Gerais, adendos sobre sua área de invernada no ecótono Brasil”, Moura e colaboradores trazem o primeiro registro do pássaro sabiazinho-norte-americano (nome científico: *Catharus fuscescens*), que é uma espécie migratória, para o município de Lavras, sul de Minas Gerais, Brasil. Apesar de ser uma das regiões mais bem estudadas

do ponto de vista ornitológico, este é o primeiro registro formal dessa ave para a região. O registro fotográfico ocorreu por meio de armadilhas fotográficas instaladas para estudos de mamíferos, em área de cerrado *stricto sensu*, localizada em zona ecotonal, entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. A observação amplia significativamente o conhecimento sobre a área de invernada da espécie no Brasil, indicando que regiões ecotonais do Sudeste podem estar incluídas em sua rota migratória. A nota ressalta a relevância de estudos complementares sobre aves migratórias em áreas de transição entre biomas, contribuindo para a conservação da avifauna e para o delineamento de políticas públicas voltadas à proteção desses *habitats*.

Cusi Martinez e colaboradores apresentaram, na nota “First record of the Normandia Caecilian *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Peru”, o primeiro registro de uma cecília da espécie *Caecilia crassisquama* para o território peruano. Um exemplar foi encontrado em floresta montana a 1.990 m de altitude, no Santuário Nacional Tabaconas Namballe, departamento de Cajamarca, representando também o registro mais ao sul da espécie, a 345,5 km da localidade onde ela foi inicialmente encontrada no Equador. Além de apresentar o padrão de coloração da espécie em vida, com base em observação de campo e análise morfológica detalhada, os autores confirmaram sua identidade por meio da comparação com o holótipo (espécime utilizado na descrição da espécie). Esse registro eleva para sete o número de espécies do gênero *Caecilia* conhecidas para o Peru e reforça a importância de expedições científicas em áreas de floresta montana, ainda pouco exploradas. Os autores sugerem que *C. crassisquama* seja incluída nas futuras avaliações de conservação da herpetofauna sul-americana, dado o hábito subterrâneo, a distribuição restrita e a carência de dados ecológicos disponíveis sobre a espécie.

Paixão e colaboradores documentaram, em “First documented record of interaction between vampire bat, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), and the Greater Naked-tailed Armadillo, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brazil”, uma interação inédita entre o morcego-vampiro comum (nome científico: *Desmodus rotundus*) e o tatu-de-rabo-mole (nome científico: *Cabassous tatouay*), registrada por armadilha fotográfica em um fragmento de Floresta Atlântica no estado da Paraíba, Brasil. O evento foi registrado em setembro de 2023, durante um projeto de monitoramento de longo prazo da fauna de mamíferos, e revelou o vampiro interagindo com um indivíduo de tatu-de-rabo-mole em atividade noturna de forrageio. A cena capturada indica uma tentativa de ataque, seguida de resposta defensiva do tatu. Este registro contribui para o entendimento das relações ecológicas entre predador e presa, especialmente envolvendo espécies crípticas, como o tatu-de-rabo-mole, cujo comportamento e ecologia ainda são pouco conhecidos, além de expandir o espectro trófico documentado de *D. rotundus*, destacando a importância do uso de armadilhas fotográficas para detectar interações raras e pouco observáveis em campo, principalmente em ecossistemas ameaçados por ações antrópicas.

Na seção Memória, o artigo intitulado “A coleção histórica do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi: história, vulnerabilidade e conservação”, de autoria de Rocha e Gil, teve como objetivo analisar a trajetória do acervo histórico do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi, o mais antigo da Amazônia, com foco em suas origens, crescimento, períodos de inatividade e desafios relacionados à conservação. O estudo revelou que mais de 21% das exsiccatas registradas nos livros-tombo entre 1895 e 1918 não constam na atual base de dados informatizada. Foram investigadas as causas desse desaparecimento, com destaque para a vulnerabilidade de determinadas famílias botânicas aos ataques de insetos e fungos. Com base nos dados históricos e levantamentos internos, as famílias Apocynaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae e Orchidaceae foram identificadas como as mais suscetíveis à degradação. O estudo propõe uma classificação preliminar de vulnerabilidade das famílias e reforça a importância da manutenção preventiva e do monitoramento contínuo dos acervos botânicos na região

amazônica. Ele contribui para a reflexão sobre políticas de conservação em herbários tropicais e poderá subsidiar ações de preservação em coleções científicas históricas.

Para concluir esta carta, reitero meus agradecimentos aos avaliadores de diversas instituições do Brasil, pela valiosa dedicação à leitura e à avaliação dos textos publicados nesta edição. Sou grato também aos editores de seção pelo cuidadoso trabalho de editoração dos artigos aceitos: Dra. Alexandra Maria Ramos Bezerra, Dr. Alexandre Felipe Raimundo Missassi, Dra. Layla Jamylle Costa Schneider, Dr. Leonardo de Sousa Miranda e Dra. Valéria Juliete Silva. Estendo também meu reconhecimento a Adrienny Souza, Diana Gomes Lopes, Luiz Ramiro Cardoso, Rafaele Lima e Talita do Vale, pelo empenho e cuidado no trabalho de editoração.

Fernando da Silva Carvalho Filho

Editor Científico

CARTA DO EDITOR
EDITOR'S NOTE

ARTIGOS CIENTÍFICOS
SCIENTIFIC ARTICLES

Efeitos do ambiente sobre a diversidade beta de percevejos semiaquáticos em riachos amazônicos sob influência de extração de bauxita

Effects of environmental variation on beta diversity of semi-aquatic bugs in Amazonian streams influenced by bauxite extraction

Vinicius Araújo da Luz | Erlane José Cunha | Alana Patricia Meguy Guterres | Gizelia Ferreira Matos Pereira | Leandro Juen

Dieta de *Athene cunicularia* (Strigidae) no *campus* da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ilha do Fundão, Brasil

Diet of *Athene cunicularia* (Strigidae) on the *campus* of the Federal University of Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Brazil

Vania Soares Alves | Maria Luisa Marinho de Noronha | Ana Galvão

Avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e sua importância na restauração e conservação da Floresta Estacional Semidecidual

Avifauna of the Piracicaba Botanical Garden (Santa Rita, Area I), São Paulo and its importance in the restoration and conservation of the Semideciduous Seasonal Forest

Maria Eliana Carvalho Navega-Gongalves | Vosmarline Graziela Rocha Lima | Valdir Felipe Paulete

The invisible architects: evaluating our understanding of planktonic tunicates in the Atlantic

Arquitetos invisíveis: uma avaliação sobre o conhecimento dos tunicados planctônicos no Atlântico

Ályssa Thayna Pedrosa Cardoso de Araújo | Thaynara Raelly da Costa Silva | Elton Alex Correa da Silva |

Xiomara Franchesca García Díaz | Sigrid Neumann Leitão

Publication trends on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil

Tendências em publicações sobre vocalizações de anuros no Nordeste do Brasil

Laiana Carla de Moura | Pedro Ivo Simões

NOTAS DE PESQUISA
SHORT COMMUNICATIONS

Nesting of *Partamona helleri* (Friese, 1900) (Apidae) in an abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) in Southeastern Brazil
Nidificação de *Partamona helleri* (Friese, 1900) (Apidae) em ninho abandonado da vespa social *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) no Sudeste do Brasil

Eike Daniel Fólha-Ferreira | Diego Gonçalves dos Santos Renne | Isabel Ribeiro do Valle Teixeira |
Diogo Silva Vilela | Marcos Magalhães de Souza

Occupation of *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) nest by *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae)
Ocupação de um ninho de *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) por *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae)

Marcos Magalhães de Souza | Diego Gonçalves dos Santos Renne | Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim |
Gabriel de Castro Jacques

Honeydew of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) as a food resource for social wasps (Vespidae: Polistinae) in an urban area within the Atlantic Forest-Cerrado ecotone
Honeydew de Aethalion reticulatum (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) como recurso alimentar para vespas sociais (Vespidae: Polistinae) em área urbana no ecótono entre Mata Atlântica e Cerrado

Glauco Cássio de Sousa Oliveira | Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim | Diogo Silva Vilela | Marcos Magalhães de Souza

Documentation of feeding associations of the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), and the Wattled Jacana, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), with the capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitated by its beating behavior

Documentação de associações alimentares do frango-d'água-azul, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), e jacanã, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), com a capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitada pelo seu comportamento de batedor

Fabio Schunck | Estevão Pereira Vicente dos Santos

Ocorrência de *Catharus fuscescens*, sabiazinho-norte-americano (Passeriformes: Turdidae), no sul do estado de Minas Gerais, adendos sobre sua área de internada no ecótono Brasil
Occurrence of *Catharus fuscescens*, veery (Passeriformes: Turdidae), in the south of the state of Minas Gerais, addendum on its wintering area in ecotono Brazil

Aloysio Souza de Moura | Dunia Lasmar | Felipe Santana Machado | Guilherme Wince de Moura |
Dalmo Arantes de Barros | Marco Aurélio Leite Fontes
.....

First record of the Normandia Caecilian *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968
(Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Peru

Primeiro registro da cecília-da-normandia, *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae), de Peru

Juan C. Cusi Martinez | Francis I. Vargas | Victor J. Vargas | Pedro Peloso | Adriano O. Maciel
.....

First documented record of interaction between vampire bat, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), and the Greater Naked-tailed Armadillo, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brazil

Primeiro registro documentado de interação entre o morcego-vampiro, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), e o tatu-de-rabo-mole-grande, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brasil

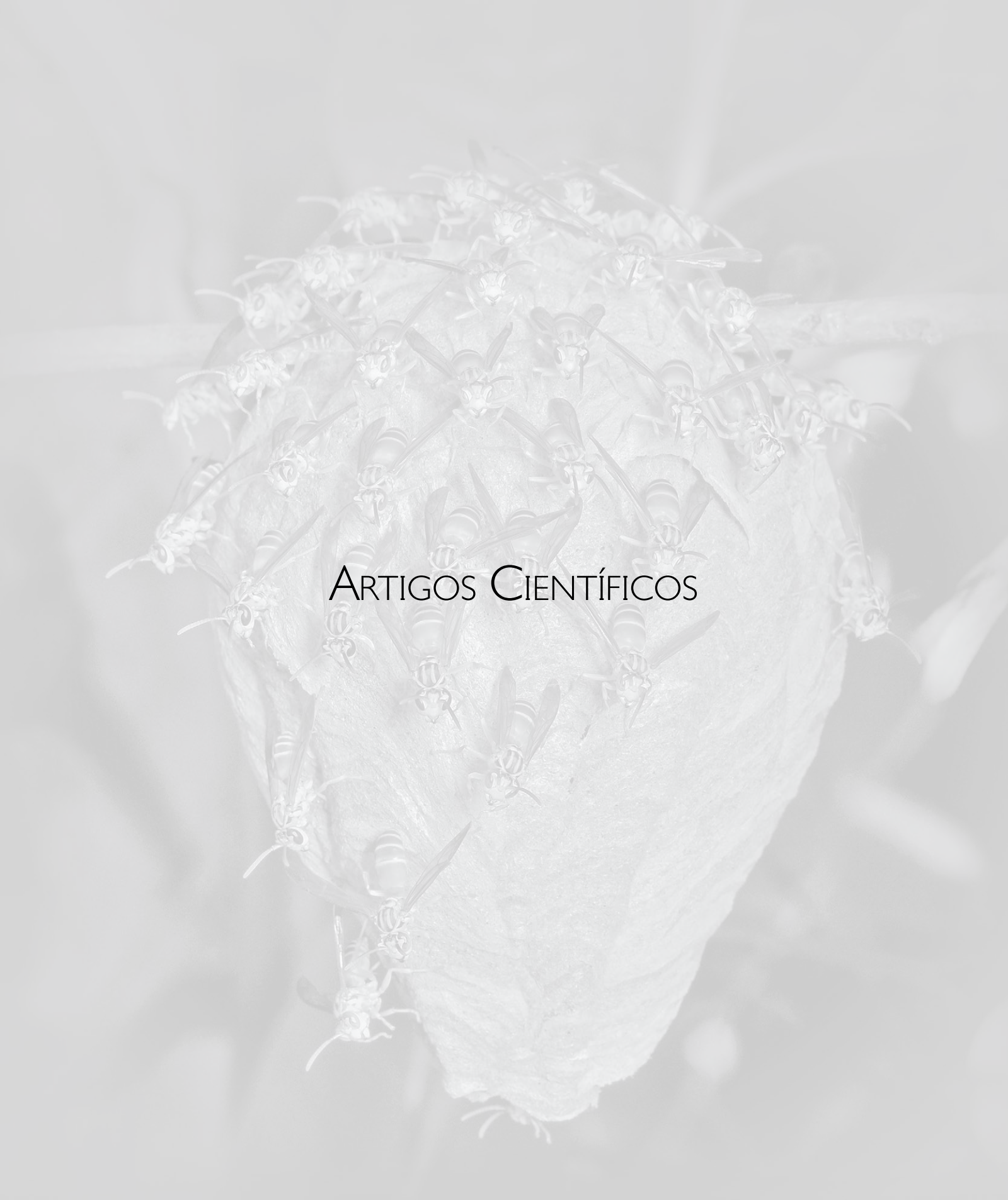
Randson Modesto Coêlho da Paixão | Agnaldo de Sousa Sampaio | João Carlos da Cruz Abraão Filho |
Antonio Junio Nonato da Silva | Thomaz de Carvalho Callado | Juan Carlos Vargas-Mena | Carlos Salustio-Gomes
.....

MEMÓRIA
MEMORY

A coleção histórica do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi: história, vulnerabilidade e conservação

The historical collection of the herbarium of the Museu Paraense Emílio Goeldi: history, vulnerability and conservation

Antônio Elielson Sousa da Rocha | André dos Santos Bragança Gil



ARTIGOS CIENTÍFICOS

Efeitos do ambiente sobre a diversidade beta de percevejos semiaquáticos em riachos amazônicos sob influência de extração de bauxita

Effects of environmental variation on beta diversity of semi-aquatic bugs in Amazonian streams influenced by bauxite extraction

Vinicius Araújo da Luz^I  | Erlane José Cunha^{II}  | Alana Patricia Meguy Guterres^I  |
Gizelia Ferreira Matos Pereira^{III}  | Leandro Juen^{I, II} 

^IUniversidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Biológicas. Laboratório de Ecologia e Conservação. Belém, Pará, Brasil

^{II}Universidade Federal do Pará. Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Belém, Pará, Brasil

^{III}Mineração Paragominas S/A. Paragominas, Pará, Brasil

Resumo: A mineração de bauxita na Amazônia representa uma atividade econômica com potencial de impactar a biodiversidade aquática. Neste estudo, foram avaliados os efeitos da alteração de riachos em áreas de mineração de bauxita e pastagem sobre a diversidade de insetos semiaquáticos na Amazônia, onde foram testadas as hipóteses de que: i) a estrutura ambiental dos riachos será diferente em áreas afetadas pela pastagem e pela mineração; ii) a diversidade beta será relacionada às variáveis ambientais do *habitat* e da vegetação ripária. Nossos resultados mostraram que as variáveis ambientais dos riachos não foram diferentes entre riachos de floresta, pastagem e mineração. Contudo, a diversidade beta total e a substituição de espécies foram associadas às variáveis de *habitat*, indicando relação com a variação ambiental. A diversidade beta em riachos impactados foi mais relacionada a riachos com maiores larguras e temperaturas, enquanto riachos mais preservados apresentaram maior cobertura de dossel. Áreas de exploração de bauxita e depósito de rejeitos foram semelhantes quanto à diversidade beta. A diversidade beta de percevejos semiaquáticos é importante no estudo de áreas alteradas devido às mudanças que ocorrem no *habitat* em riachos, podendo indicar direcionamentos em políticas de conservação de riachos afetados pela mineração de bauxita na Amazônia.

Palavras-chave: Biodiversidade. Gerromorpha. Ecossistemas lóticos. Insetos aquáticos. Mineração.

Abstract: Bauxite mining represents in the Amazon an economic activity with the potential to impact aquatic biodiversity. In this study, we evaluate the effects of environmental change in areas of bauxite mining and pasture on the diversity of semiaquatic insect communities in Amazonian streams. For this, we tested the following hypotheses: i) the environmental structure of streams will differ between different land uses and cover (pasture, mining and forest), ii) beta diversity will be mainly affected by environmental variables related to habitat and riparian vegetation. Our results showed that the characteristics of the streams studied were not different between forest, pasture, and mining streams. On the other hand, the total beta diversity, and species replacement were associated with habitat variables, promoted by the environmental variation. Beta diversity in impacted streams was related to streams with greater widths and temperatures, while more preserved streams had greater canopy cover. More altered areas, such as mining, showed similar beta diversity, mainly in the area of bauxite exploration and tailings deposit. Our results indicate that the beta diversity of semiaquatic bugs contribute to the study of altered areas, in addition, could inform conservation policies in streams affected by bauxite mining in the Amazon.

Keywords: Biodiversity. Gerromorpha. Lotic ecosystems. Aquatic insects. Mining.

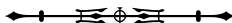
Luz, V.A., Cunha, E.J., Guterres, A.P.M., Pereira, G.F.M., & Juen, L. (2025). Efeitos do ambiente sobre a diversidade beta de percevejos semiaquáticos em riachos amazônicos sob influência de extração de bauxita. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0848. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0848>

Autor para correspondência: Leandro Juen (leandrojuen@ufpa.br).

Recebido em 13/06/2022

Aprovado em 23/10/2023

Responsabilidade editorial: Rafael Leandro de Assis



INTRODUÇÃO

A Amazônia contém inúmeros ecossistemas aquáticos com grande biodiversidade associada, mas a maioria ainda é pouco conhecida do ponto de vista ecológico. Esses sistemas são muito conectados à matriz circundante e alguns deles – como os de pequenos riachos – são dependentes da energia que é fornecida pela vegetação marginal (Juen et al., 2016). Nos últimos anos, a mudança do uso do solo em decorrência do uso de recursos pelo homem, como agricultura, pecuária, mineração e urbanização, tem gerado graves alterações nos ecossistemas aquáticos (Callisto et al., 1998; Petsch et al., 2021). Em sistemas aquáticos, a modificação da cobertura do solo impulsiona a perda de biodiversidade (Allan, 2004; Dudgeon et al., 2006; Dala-Corte et al., 2020). Os corpos d'água são afetados principalmente por mudanças na estrutura da vegetação ribeirinha, o que causa assoreamento do canal e altera as condições químicas, físicas e a qualidade da água (Fares et al., 2020). Além disso, os efeitos do uso da terra promovem a homogeneização da paisagem (Castro et al., 2018), reduzindo a quantidade de matéria orgânica alóctone dos riachos, alterando, assim, o fluxo de matéria e energia nos ecossistemas aquáticos (Juen et al., 2016). Tais efeitos prejudicam a dinâmica biológica dos pequenos riachos, visto que ambientes mais preservados, dentro do riacho, tendem a ter maior complexidade e disponibilidade de microhabitats, afetando diretamente a estrutura e a composição da biota aquática local (Dias-Silva et al., 2020a; Fares et al., 2020; Guterres et al., 2020).

Na Amazônia, embora a mineração não seja um dos usos do solo com maior amplitude no bioma, está entre os que geram impactos mais intensos, devido ao grande volume de solo removido, aos processos e substâncias utilizados e à elevada demanda por água ao longo de todas as etapas (Callisto et al., 1998; Castello & Macedo, 2015; Moura et al., 2021; Martins et al., 2022; Rivera-Pérez et al., 2023). A extração de minério envolve a modificação de extensas áreas e o uso significativo de

água em atividades como processamento, transporte, separação de minerais e resíduos, supressão de poeira, lavagem de equipamentos, entre outras, a depender do tipo de minério explorado (Kemp et al., 2010).

Mesmo ocorrendo em ambiente terrestre e/ou longe das margens dos riachos, as áreas mineradas exigem uma grande área de exposição do solo para a exploração e a construção de infraestrutura, como para o depósito de rejeitos. Assim, a quantidade de uso do solo dentro das microbacias onde ocorrem as atividades de mineração pode afetar direta ou indiretamente os padrões de biodiversidade dos sistemas aquáticos, mudando a sua dinâmica (Wang et al., 2020), pois podem afetar a disponibilidade e o nível do lençol freático. Estudos anteriores destacam aumento na turbidez, deposição de sedimentos e contaminação da água por metais pesados, fatores que degradam a qualidade física e química do *habitat*, afetando a estrutura e a distribuição da água para a comunidade (Callisto et al., 1998; Fares et al., 2020; Yadamsuren et al., 2020).

Apesar da possibilidade de causar danos à biota local, esse tipo de empreendimento permanece como força motriz na economia devido à importância que possui. Contudo, conhecer os efeitos das atividades de extração de minério sobre a diversidade local e regional das comunidades aquáticas tem se destacado como urgente, tendo em vista a importância do uso sustentável dos recursos hídricos na Amazônia (Espinosa et al., 2023; Fares et al., 2020; Faria et al., 2021; Rivera-Pérez et al., 2023).

Os macroinvertebrados aquáticos podem servir como bioindicadores para responder a conjuntos complexos de condições ambientais (Li et al., 2010), possibilitando a obtenção de uma visão ecológica do estado atual de riachos ou rios (Dias-Silva et al., 2020a), uma vez que respondem bem a variações das condições ambientais (Cunha et al., 2015; Juen et al., 2016; Li et al., 2010). Insetos aquáticos são organismos dependentes das características do ambiente, apresentando grande especificidade quanto

ao *habitat* (Li et al., 2010). Alterações na qualidade do ambiente aquático podem levar a mudanças na abundância das espécies (Giehl et al., 2015), número de espécies – diversidade alfa (α) (Cunha et al., 2015) –, estruturas da comunidade (Guterres et al., 2020, 2021), composição de espécies – diversidade beta (β) (Paiva et al., 2021) – e perda da diversidade funcional (Castro et al., 2018; Yadamsuren et al., 2020). As alterações no ambiente local e na paisagem de ecossistemas aquáticos têm grandes efeitos sobre a diversidade regional, afetando a diversidade beta (Dias-Silva et al., 2020b), além de afetarem a diversidade local, como a riqueza de espécies (Cunha et al., 2015). Dessa maneira, a substituição de espécies e a diferença na riqueza das espécies podem ser causadas por essas alterações no *habitat*, levando a uma menor diversidade beta ou mesmo a uma homogeneização biótica nesses ecossistemas (Dias-Silva et al., 2020b; Petsch, 2016).

Comunidades de percevejos semiaquáticos respondem às flutuações na variação ambiental (Giehl et al., 2015). Essas abundâncias estão relacionadas à tolerância desses organismos e também ao grau de integridade ambiental (Cunha et al., 2015; Guterres et al., 2020). O nível de preservação do *habitat* está relacionado ao fato de que a qualidade da água é diretamente influenciada pela intensificação do uso do solo (Castro et al., 2017; Guterres et al., 2021). A perda de integridade do solo implica a perda de heterogeneidade ambiental, eliminando algumas espécies e alterando indiretamente a composição de características das assembleias (Dias-Silva et al., 2020b; Cunha & Juen, 2017; Castro et al., 2018). Portanto, riachos preservados possuem melhores condições para abrigar maior diversidade de espécies por toda extensão de drenagem, devido à sua maior disponibilidade de recursos para manter espécies especialistas (Cunha et al., 2015). Em contrapartida, riachos perturbados têm menos *habitat* e condições pouco adequadas para a permanência dos organismos aquáticos (Juen et al., 2016), restringindo-o à maior abundância de espécies generalistas e/ou tolerantes (Giehl et al., 2020; Guterres et al., 2021).

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da alteração do ambiente aquático em áreas de atividade de mineração de bauxita e áreas de pastagem sobre a qualidade dos riachos e a diversidade beta das comunidades de insetos semiaquáticos amazônicos, utilizando variáveis de *habitat* e de qualidade da água que podem explicar os padrões de distribuição dos percevejos ao longo dos ambientes amostrados. Foram testadas as seguintes hipóteses: i) haverá diferença na variação ambiental entre riachos de floresta, pasto e mineração, uma vez que a paisagem no entorno dos riachos é importante para a estrutura do *habitat* e a qualidade da água em riachos; ii) a diversidade beta (β) de percevejos semiaquáticos será afetada pelas variáveis ambientais locais, visto que as consequentes modificações nos fatores físico-químicos da água e da estrutura do riacho afetam a heterogeneidade ambiental, essencial para a estruturação da diversidade beta dos percevejos semiaquáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Paragominas, localizado no nordeste do estado do Pará. Na região, predominam planaltos amazônicos rebaixados e dissecados (Watrin & Rocha, 1992). A maior parte da região encontra-se entre 50 a 150 m acima do nível do mar (Pinto et al., 2009). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (Peel et al., 2007), o clima é tropical úmido do tipo Am. A região é classificada como Floresta Ombrófila de Terra Firme e a precipitação anual é de aproximadamente 2.000 mm por ano, com umidade relativa do ar de 80% (Veloso et al., 1991). A hidrografia local é constituída por duas bacias principais, pertencentes aos rios Capim e Gurupi. As coletas foram concentradas na bacia do rio Capim, que é de grande importância para o município de Paragominas, pois concentra-se em seus arredores a maior parte das atividades industriais, de mineração, extrativistas e agropecuárias

(Paca et al., 2013). As alterações da paisagem vêm ocorrendo com maior intensidade desde a década de 1960, tornando a região um mosaico com distintas atividades antrópicas, como agricultura, silvicultura (por exemplo, *Eucalyptus* spp.), agropecuária, exploração de madeira, bem como extração mineral de bauxita e caulim (Gardner et al., 2013; Oliveira-Junior et al., 2017; Paiva et al., 2021).

Foram amostrados 18 riachos, distribuídos na bacia do rio Capim, localizados em um gradiente de alteração ambiental em áreas de floresta, pastagem e mineração (Figura 1). As microbacias correspondem às áreas da empresa Norsk Hydro Brasil, responsável pela extração de bauxita na região. A Hydro Paragominas opera na região desde 2007, com produção, no ano de 2021, de 10,9 milhões de toneladas de bauxita (Hydro, 2022). As jazidas localizadas em Paragominas possuem vida útil estimada de 41 anos, localizadas a aproximadamente 70 km do centro de Paragominas, no Platô Miltônia 3.

DELINEAMENTO AMOSTRAL E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As coletas foram realizadas em 18 riachos durante o mês de julho de 2017. Em cada riacho, foi delimitado um trecho fixo de 150 m para amostragem biológica e para aferição

das variáveis ambientais. Cada trecho foi dividido em 15 seções de 10 m, a fim de facilitar a amostragem.

Foram mensuradas nove variáveis ambientais relacionadas à morfologia do canal, aos aspectos físico-químicos da água e à integridade física do *habitat* do riacho (Nessimian et al., 2007) (Tabela 1). Tais variáveis ambientais já se mostraram importantes para a distribuição das espécies das assembleias de Gerromorpha (Cunha et al., 2015; Juen et al., 2016; Guterres et al., 2020).

AMOSTRAGEM DAS COMUNIDADES

A amostragem dos percevejos semiaquáticos ocorreu com busca ativa ao longo de cada trecho de 150 m, limitada pelo tempo de uma hora nos diferentes *habitats* ao longo de toda superfície e margens do canal dos riachos. Os espécimes foram coletados através de uma varredura na superfície da água ao longo de cada seção, utilizando uma rede de mão (18 cm de diâmetro e malha de 1 mm) (Cunha & Juen, 2017). Os indivíduos foram identificados até o nível de espécie por meio de chaves taxonômicas especializadas (Nieser, 1994; Moreira et al., 2011; Magalhães et al., 2016; Floriano et al., 2017) e conservados em álcool 80%. Após a identificação, o material foi depositado na Coleção Zoológica do Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Pará (LABECO/UFPa).

Tabela 1. Variáveis ambientais mensuradas nos 18 riachos amostrados na bacia do rio Capim, em Paragominas, Pará, Brasil.

Table 1. Environmental variables measured in the 18 streams sampled in the Capim River basin, in Paragominas, Pará, Brazil.

Variável	Unidade	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Temperatura da água	°C	24,918	1,736	22,870	29,870
pH	-	5,049	0,746	3,927	6,157
Condutividade elétrica da água	mS/cm	0,033	0,007	0,022	0,044
Oxigênio dissolvido na água	mg/L	7,144	1,402	4,153	9,120
Profundidade do canal	cm	33,229	13,302	11,419	58,109
Largura do canal	m	3,355	1,195	1,714	5,586
Declividade do trecho	cm	2,764	2,131	0,330	8,360
Dossel sobre o canal	%	86,527	10,047	64,973	97,059
Índice de Integridade do <i>Habitat</i> (IIH)	-	0,540	0,072	0,392	0,710

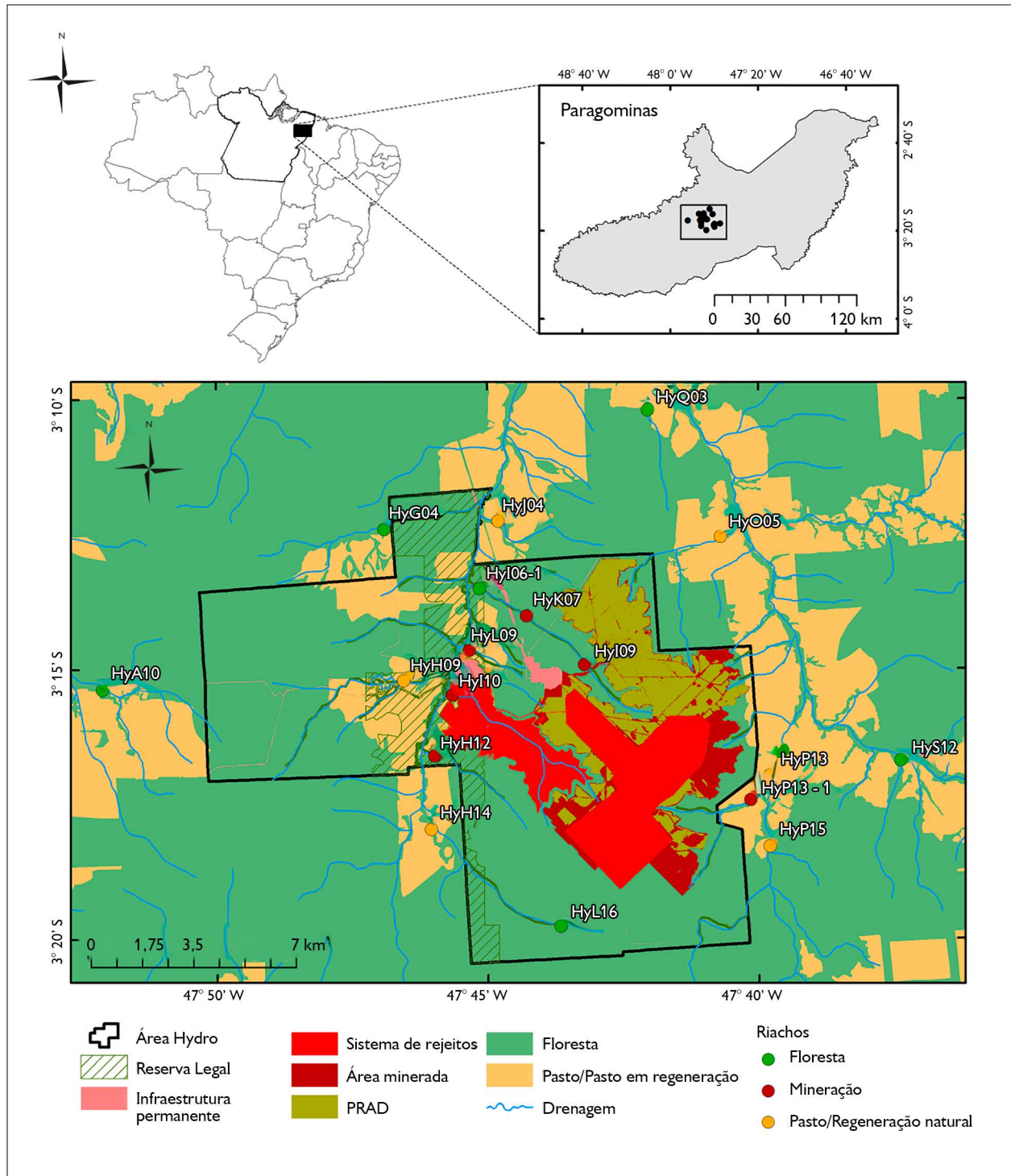


Figura 1. Localização dos riachos amostrados em Paragominas, Pará, Brasil. Mapa: editado por V. A. Luz (2025).

Figure 1. Location of sampled streams in Paragominas, Pará, Brazil. Map: edited by V. A. Luz (2025).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Neste estudo, cada riacho é considerado uma amostra, perfazendo, portanto, um total de 18 unidades amostrais. Previamente às análises estatísticas, foram selecionadas as variáveis ambientais mensuradas, utilizando uma análise de correlação de Pearson para retirar as variáveis correlacionadas, considerando um corte de 70%. Somente as variáveis de profundidade e largura do canal apresentaram correlação significativa ($r_s = 0,723$). Portanto, a profundidade foi removida das análises em virtude da multicolinearidade com a largura.

Para verificar como é a variabilidade ambiental nos riachos amostrados, foi realizada uma análise de componentes principais (*Principal Component Analysis* - PCA) (Legendre & Legendre, 2012). Os dados ambientais foram previamente padronizados e, como critério de seleção de eixos da PCA, foi adotado o critério de *broken-stick*, que avalia se a variação observada nos eixos da PCA é diferente da variação estimada ao acaso. Em seguida, para avaliar se há diferenças ambientais entre os riachos de floresta, pastagem e mineração, uma matriz de distâncias euclidianas com as variáveis ambientais foi submetida a uma análise de variância

Tabela 2. Abundância total e frequência de ocorrência em cada igarapé referentes às espécies de percevejos semiaquáticos coletados em Paragominas, Pará, Brasil.

Table 2. Total abundance and frequency of occurrence in each stream for semi-aquatic bug species collected in Paragominas, Pará, Brazil.

Família	Espécie	Abundância	Ocorrência
Gerridae	<i>Brachymetra lata</i> Shaw, 1933	112	8
	<i>Cylindrostethus palmaris</i> Drake & Harris, 1934	145	15
	<i>Limnogonus aduncus</i> Drake & Harris, 1933	4	3
	<i>Limnogonus recurvus</i> Drake & Harris, 1930	8	3
	<i>Neogerris magnus</i> (Kuitert, 1942)	17	5
	<i>Neogerris</i> sp.	1	1
	<i>Rheumatobates minutus flavidus</i> Drake & Harris, 1942	20	6
	<i>Tachygerris adamsoni</i> (Drake, 1942)	22	4
	<i>Tachygerris celocis</i> Drake & Harris, 1931	21	5
	<i>Telmatometra fusca</i> Kenaga, 1941	54	3
	<i>Telmatometra retusa</i> Kenaga, 1941	17	4
Hydrometridae	<i>Hydrometra guianana</i> Hungerford & Evans, 1934	1	1
Mesoveliidae	<i>Mesovelia amoena</i> Uhler, 1894	9	5
	<i>Mesovelia mulsanti</i> White, 1879	4	2
Veliidae	<i>Callivelia conata</i> (Hungerford, 1929)	1	1
	<i>Rhagovelia elegans</i> Uhler, 1894	164	8
	<i>Rhagovelia evidis</i> Bacon, 1948	86	7
	<i>Rhagovelia humboldti</i> Polhemus 1997	32	4
	<i>Rhagovelia</i> sp.	10	3
	<i>Rhagovelia jubata</i> Bacon, 1948	64	7
	<i>Stridulivelia astralis</i> (Drake & Harris, 1938)	1	1
	<i>Stridulivelia quadrispinosa</i> (Hungerford, 1929)	1	1
	<i>Stridulivelia tersa</i> (Drake & Harris, 1941)	13	7

multivariada permutacional (PERMANOVA; Anderson, 2001), com significância de $\alpha < 0,05$, definida pelo teste de Monte Carlo com 9.999 permutações.

As variáveis ambientais foram selecionadas pela *forward selection* (função *forward.sel.par* – Blanchet et al., 2008), com base na matriz de abundância logaritimizada de percevejos semiaquáticos. Calculou-se a diversidade beta (β) utilizando a matriz de abundância logaritimizada ($x + 1$). Desse modo, calculou-se uma matriz de dissimilaridade D, que corresponde à diversidade beta total (β_T), e essa matriz foi decomposta em duas matrizes complementares, substituição (β_{Subs}) e diferença de abundância (β_{AbDif}) (Podani & Schmera, 2011), por meio da função *beta.div.comp* do pacote R *adespatial* (Dray et al., 2018). Além disso, foi calculada a porcentagem de colaboração de cada partição da diversidade beta (substituição e diferença de abundância). Em seguida, para testar a relação das variáveis ambientais selecionadas pelo *forward selection* com β_T , β_{Subs} e β_{AbDif} , foi utilizada uma análise de redundância baseada em distância (dbRDA - Legendre & Anderson, 1999), por meio da função *capscale*, pacote *vegan*. A dbRDA é um método multivariado que permite analisar variáveis que podem não apresentar relações lineares (Legendre & Anderson, 1999).

Todas as análises feitas foram executadas no programa R (R Core Team, 2021), com uso dos pacotes *vegan* (Oksanen et al., 2020) e *adespatial* (Dray et al., 2018).

RESULTADOS

Foram coletados 807 indivíduos de Gerromorpha pertencentes a quatro famílias e 12 gêneros, distribuídos em 22 espécies. A família com maior abundância e diversidade foi Gerridae, com 423 indivíduos coletados, distribuídos em 12 espécies, seguido da família Veliidae, representada por nove espécies (n = 370). A família Mesoveliidae foi representada por duas espécies (n = 7) e a família Hydrometridae apresentou apenas um indivíduo na amostragem. A espécie mais abundante foi *Rhagovelia*

elegans Uhler, 1894 (Veliidae, n = 164), ocorrendo em oito riachos, contudo a espécie *Cylindrostethus palmaris* Drake & Harris, 1934 (Gerridae, n = 145) foi a mais frequente, ocorrendo em 15 dos 18 locais amostrados.

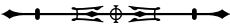
VARIAÇÃO DO AMBIENTE

Os dois primeiros eixos da PCA representaram 49,25% da variação do ambiente. O primeiro eixo explicou 29,8% da variação do ambiente e foi relacionado principalmente às variáveis de condutividade elétrica e dossel, mostrando maior relação com os riachos de floresta (Tabela 3, Figura 2). O segundo eixo explicou 19,5% da variação do ambiente e apresentou maior relação com as variáveis de declividade e largura do canal, mostrando relação positiva com riachos de pastagem e relação negativa com riachos em áreas de mineração (Tabela 3, Figura 2). Além disso, não houve diferenças entre os tratamentos de acordo com as características ambientais dos riachos estudados (PERMANOVA: Pseudo-F = 1,126; R² = 0,131; p = 0,351).

Tabela 3. Resultados das correlações entre os eixos da PCA e variáveis ambientais selecionadas para descrição dos igarapés amostrados em Paragominas, Pará, Brasil. O negrito representa correlações significativas.

Table 3. Results of correlations between the PCA axes and environmental variables selected to describe the streams sampled in Paragominas, Pará, Brazil. Bold represents significant correlations.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	0,319	-0,537
pH	0,466	-0,580
Condutividade	-0,782	-0,180
Oxigênio dissolvido	0,460	-0,465
Largura	0,544	0,661
Declividade	0,281	0,735
Dossel	-0,812	0,027
IIH	-0,522	0,158
Explicação (%)	29,77	19,48
Autovalor	2,977	1,948
<i>broken stick</i>	2,929	1,929



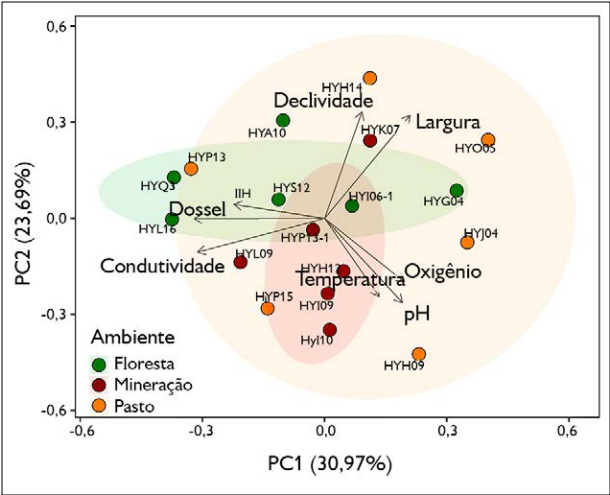


Figura 2. PCA das variáveis ambientais dos 18 riachos amostrados em Paragominas, Pará, Brasil.

Figure 2. PCA of environmental variables of 18 streams sampled in Paragominas, Pará, Brazil.

DIVERSIDADE BETA

O método *forward selection* selecionou as variáveis de largura, dossel e temperatura da água em relação à abundância de indivíduos ($\log x + 1$) (Tabela 4). Os resultados indicam que há uma alta diversidade beta na área amostrada e que é estruturada principalmente pela substituição de espécies (63%), e o restante pela diferença de abundância entre os riachos amostrados (37%). A diversidade beta total foi associada à variação do ambiente ($R^2 = 0,281$; $F = 3,219$; $p = 0,001$), mostrando uma relação entre a variação da composição total com o gradiente ambiental representado pela largura, pelo dossel e pela temperatura (Figura 3A). Em relação aos componentes da diversidade beta, a substituição de espécies também

apresentou relação com a variação do ambiente ($R^2 = 0,433$; $F = 5,332$; $p = 0,001$) (Figura 3B), contudo a diferença de abundância não foi explicada pelo ambiente ($R^2 = -0,098$; $F = 0,492$; $p = 0,726$). Além disso, riachos de floresta apresentaram diversidade beta total e substituição de espécies mais similar, além de estarem mais associados a riachos com maior cobertura de dossel. Em contrapartida, riachos de mineração com maiores impactos, como o HyI09 (áreas de exploração de bauxita) e o HyI10 (depósito de rejeitos), apresentaram diversidade beta mais similar entre si e foram mais associados a maiores temperaturas e menores coberturas de dossel.

DISCUSSÃO

Os resultados mostram uma grande variação na estrutura ambiental e biológica da região estudada, indicando como principais fatores, na estruturação dos ambientes e da comunidade, as variáveis do *habitat* de largura e dossel. A primeira hipótese deste estudo não foi corroborada, uma vez que, apesar da variação ambiental dos riachos ser explicada por fatores predominantemente do *habitat*, não houve diferenças entre os tratamentos avaliados. No entanto, a segunda hipótese foi corroborada, uma vez que a diversidade beta total e a substituição de espécies foram associadas às variáveis locais dos riachos, indicando relação com a variação ambiental. Assim, os resultados mostram que as comunidades de percevejos semiaquáticos apresentam relação com o gradiente de variação ambiental, mesmo que essa variação não seja totalmente explicada pela paisagem do entorno dos riachos (Dias-Silva et al., 2020a).

Tabela 4. Variáveis selecionadas a partir da abundância de percevejos semiaquáticos através do método *forward selection*.

Table 4. Variables selected from the abundance of semi-aquatic bugs using the forward selection method.

Variável resposta	Variáveis selecionadas	R ² ajustado	F	p
Abundância ($\log x + 1$)	Dossel	0,090	2,676	0,003
	Largura	0,133	1,805	0,036
	Temperatura	0,188	2,009	0,011

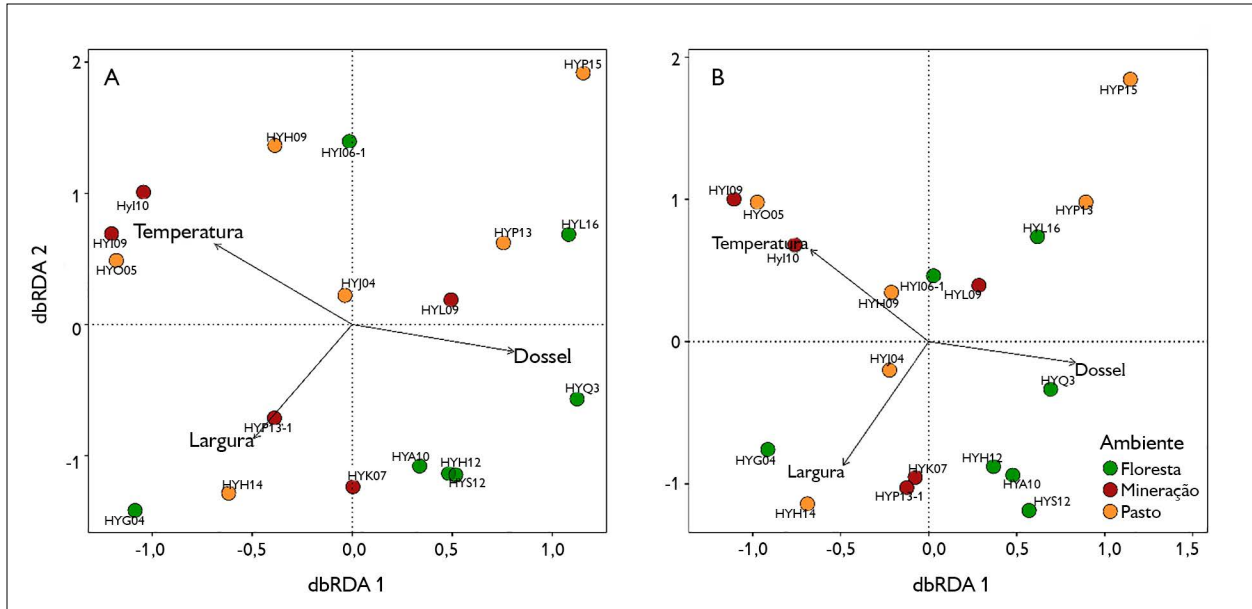


Figura 3. Ordenações geradas pelas análises de redundância baseadas em distância (dbRDA), mostrando a variação de: A) diversidade beta total (β_T); e B) componente de substituição de espécies (β_{Subst}), em função das variáveis ambientais selecionadas pelo *forward selection*.

Figure 3. Ordinations generated by distance-based redundancy analysis (dbRDA), showing the variation of: (A) total beta diversity (β_T); and (B) the species replacement component (β_{Subst}), as a function of the environmental variables selected by *forward selection*.

Apesar da variação na estrutura dos riachos, tais mudanças em relação à paisagem no entorno dos riachos (floresta, pasto e mineração) foram difíceis de serem observadas. Isso ocorre principalmente pela diferença de intensidade de alteração nos riachos amazônicos (Leão et al., 2020). A maior heterogeneidade ambiental em riachos amazônicos nem sempre está relacionada a ambientes preservados, por exemplo, riachos com pastagens e de mineração podem apresentar vegetação ripária íntegra, capaz de manter a diversidade local das espécies aquáticas (Leão et al., 2020; Guterres et al., 2021; Faria et al., 2023). Contudo, a variação entre as comunidades locais (diversidade beta) pode capturar essas modificações no *habitat*, geralmente não representadas na diversidade local (diversidade alfa) (Leão et al., 2020; Bomfim et al., 2023).

A diversidade beta total e a substituição de espécies foram fortemente relacionadas a variação da largura, temperatura e dossel dos riachos. Tais elementos são frequentemente apontados em outros estudos como

importantes para a diversidade beta dos percevejos semiaquáticos (Cunha & Juen, 2017; Dias-Silva et al., 2020b) ou de outros insetos aquáticos, como as Odonata (Juen & Marco Jr., 2011). Vale ressaltar que somente as variáveis locais ligadas ao *habitat* físico dos igarapés foram importantes para a diversidade beta das comunidades de percevejos semiaquáticos, indicando que a preservação da vegetação ripária pode ser um dos principais elementos para a manutenção da diversidade nesses igarapés. Além disso, os riachos HyI09 (área de exploração de bauxita) e HyI10 (depósito de rejeitos) apresentaram menor cobertura de dossel e maiores temperaturas da água, mostrando que esses casos extremos afetaram fortemente a diversidade beta total e a substituição nesses riachos.

Apesar de não ter sido detectada uma relação entre as variáveis de largura, temperatura e dossel com a riqueza, essas características físicas influenciam na distribuição das espécies. A largura dos riachos está intimamente relacionada com o grau de integridade do *habitat*. Riachos

com maior integridade oferecem condições favoráveis para abrigar Gerromorpha, pois apresentam vegetação marginal próxima, onde presas e abrigo podem ser facilmente encontrados, representando locais ideais para oviposição e forrageio (Dias-Silva et al., 2010). Além disso, o dossel reflete diretamente a preservação da vegetação ripária, essencial para a manutenção da maioria dos processos biológicos que ocorrem nos riachos, como entrada de matéria orgânica, regulação da temperatura, estabilidade das margens e entrada de sedimentos (Juen et al., 2016). Vale ressaltar que o estilo de vida (sobre a superfície da água) de Gerromorpha torna-o mais susceptível aos estresses ambientais causados pela perda de integridade ambiental (Dias-Silva et al., 2013, 2020b). Por isso, a preservação da vegetação ripária é fundamental para manter estáveis gradientes físico-químicos importantes, tal como temperatura, a fim de garantir a abundância de Gerromorpha (Dala-Corte et al., 2020; Guterres et al., 2021).

A substituição de espécies foi responsável por compor a maior parte da diversidade beta, o que faz sentido do ponto de vista ecológico, uma vez que a substituição de espécies está associada com a heterogeneidade ambiental, e a diversidade beta é determinada pelas variações ambientais entre os *habitats* (Dias-Silva et al., 2020b). Logo, pode-se afirmar que a diversidade taxonômica e funcional das comunidades de insetos aquáticos está intimamente ligada à complexidade ambiental, visto que esta oferece uma maior disponibilidade de microhabitats. Em virtude disso, pode abrigar uma maior abundância de espécies em razão da variedade de recursos e substratos disponíveis para espécies de diferentes nichos (Cunha & Juen, 2017; Dias-Silva et al., 2020b; Juen et al., 2016). Vale destacar que a conversão da paisagem natural provoca uma diminuição na heterogeneidade ambiental (Castro et al., 2018; Cunha et al., 2015; Paiva et al., 2021).

A diversidade beta indicou maior relação da diversidade de percevejos com as variáveis locais (Cunha & Juen, 2020). Os insetos aquáticos têm uma estreita relação

com o tipo de substrato onde podem ser encontrados, em riachos, uma vez que está relacionado à preferência das espécies por microhabitats (Guterres et al., 2020). Esses cenários propiciam diferentes formas de alimentação e abrigo contra correnteza e predadores, sendo um dos principais fatores que afetam a distribuição e a abundância de Gerromorpha (Dias-Silva et al., 2013). Além disso, os diferentes usos do solo na região estão causando mais efeitos nas métricas ambientais de dentro dos corpos d'água do que nas métricas de paisagem do entorno. Ampliar os estudos e tentar isolar as diferentes influências dos usos do solo são ações essenciais para minimizar a perda da biodiversidade e pensar em ações de conservação mais eficientes.

CONCLUSÃO

Em síntese, este estudo destacou como as variáveis ambientais dos riachos são importantes para a composição da comunidade de insetos aquáticos em riachos amazônicos, o que se deve ao fato de a reprodução e o desempenho de nicho de percevejos semiaquáticos dependerem das condições ambientais do *habitat*. Dessa maneira, pode-se concluir que as características do *habitat* atuam como filtros ambientais, ao passo que flutuações nos gradientes físico-químicos alteram as condições ideais para a permanência de determinadas espécies. Além disso, as variáveis selecionadas neste estudo estão intimamente ligadas à vegetação ribeirinha, salientando a importância da preservação da zona de amortecimento em riachos de cabeceira. Por fim, este estudo indicou a importância do estudo da diversidade beta de percevejos semiaquáticos por evidenciar sua relação com a variação local dos riachos. Além disso, tais respostas podem contribuir para tomadas de decisões e políticas de conservação em áreas de mineração de bauxita na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Mineração Paragominas, pelo financiamento dos projetos "Monitoring aquatic biota of streams on areas of Paragominas Mining SA, Pará, Brazil" e "Aquatic biota

monitoring and assessment upstream and downstream of bauxite pipeline Norsk Hydro Paragominas – Barcarena (Pará, Brazil) – an instream and riverscape approach”, através do *Biodiversity Research Consortium Brazil-Norway* (BRC), que forneceu apoio logístico e suporte para a realização de toda a pesquisa e bolsa de estudos aos autores V. A. Luz e E. J. Cunha. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa fornecida a L. Juen (processo n°. 304710/2019-9). Nós também agradecemos a Ana Luiza Andrade, Ana Luiza Fares, Carina Kaory Sasahara de Paiva, Calebe Maia, Gilberto Nepomuceno Salvador, Lenize Batista Calvão, Naiara Raiol Torres, Thaísa Sala Michelan e Thiago Augusto Pedroso, pela ajuda na coleta das amostras biológicas. Este manuscrito é o resultado da iniciação científica do discente V. A. Luz, desenvolvido durante o período em que foi bolsista do projeto. O manuscrito é o número BRC077 da série de publicação do BRC.

REFERÊNCIAS

- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 257-284. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- Blanchet, F. G., Legendre, P., & Borcard, D. (2008). Forward selection of explanatory variables. *Ecology*, 89(9), 2623-2632. <https://doi.org/10.1890/07-0986.1>
- Bomfim, F. F., Fares, A. L. B., Melo, D. G. L., Vieira, E., & Michelan, T. S. (2023). Land use increases macrophytes beta diversity in Amazon streams by favoring amphibious life forms species. *Community Ecology*, 24, 159-170. <https://doi.org/10.1007/s42974-023-00139-5>
- Callisto, M., Gonçalves, J. F., & Fonseca, J. J. L. (1998). Benthic macroinvertebrates of four Amazonian streams influenced by bauxite mining (Brazil). *SIL Proceedings*, 26(3), 983-985. <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11900865>
- Castello, L., & Macedo, M. N. (2015). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, 22(3), 990-1007. <https://doi.org/10.1111/gcb.13173>
- Castro, D. M., Doledec, S., & Callisto, M. (2017). Landscape variables influence taxonomic and trait composition of insect assemblages in Neotropical savanna streams. *Freshwater Biology*, 62(8), 1472-1486. <https://doi.org/10.1111/fwb.12961>
- Castro, D. M., Doledec, S., & Callisto, M. (2018). Land cover disturbance homogenizes aquatic insect functional structure in neotropical savanna streams. *Ecological Indicators*, 84, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.030>
- Cunha, E. J., Montag, L. F. A., & Juen, L. (2015). Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. *Ecological Indicators*, 52, 422-429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.12.024>
- Cunha, E. J., & Juen, L. (2017). Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. *Journal of Insect Conservation*, 21(1), 111-119. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9959-1>
- Cunha, E. J., & Juen, L. (2020). Environmental drivers of the metacommunity structure of insects on the surface of tropical streams of the Amazon. *Austral Ecology*, 45(5), 586-595. <https://doi.org/10.1111/aec.12873>
- Dala-Corte, R. B., Melo, A. S., Siqueira, T., Bini, L. M., Martins, R. T., Cunico, A. M., Pes, A. M., Magalhães, A. L. B., Godoy, B. S., Leal, C. G., Monteiro-Júnior, C. S., Stenert, C., Castro, D. M. P., Macedo, D. R., Lima-Junior, D. P., Gubiani, É. A., Massariol, F. C., Teresa, F. B., Becker, F. G., . . . Roque, F. O. (2020). Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1391-1402. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13657>
- Dias-Silva, K., Cabette, H. S., & Juen, L. (2010). The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. *Zoologia (Curitiba)*, 27(6), 918-930. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000600013>
- Dias-Silva, K., Cabette, H. S., Giehl, N. F. S., & Juen, L. (2013). Distribuição de Heteroptera aquáticos (Insecta) em diferentes tipos de substratos de Córregos do Cerrado matogrossense. *EntomoBrasilis*, 6(2), 132-140. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v6i2.302>
- Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Juen, L., Cabette, H. S. R., Costa, C. C., Freitas, P. V., & De Marco, P. (2020a). Influence of local variables and landscape metrics on Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) assemblages in Savanna streams, Brazil. *Neotropical Entomology*, 49(2), 191-202. <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00748-8>
- Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Veloso, G. K. O., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2020b). Land use change causes environmental homogeneity and low beta-diversity in Heteroptera of streams. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 56, 9. <https://doi.org/10.1051/limn/2020007>



- Dray, S., Bauman, D., Blanchet, G., Borcard, D., Clappe, S., Guenard, G., Jombart, T., Larocque, G., Legendre, P., Madi, N., & Wagner, H. H. (2025). *adespatial: multivariate multiscale spatial analysis. R package version 0.2-0* [Software]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://cran.r-project.org/web/packages/adespatial/index.html>
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Espinosa, A. C. E., Cunha, E. J., Shimano, Y., Rolim, S., Mioli, L., Juen, L., & Dunck, B. (2023). Functional diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in streams in mining areas located in the Eastern Amazon. *Hydrobiologia*, 850(4), 929-945. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05134-x>
- Fares, A. L. B., Calvão, L. B., Torres, N. R., Gurgel, E. S. C., & Michelan, T. S. (2020). Environmental factors affect macrophyte diversity on Amazonian aquatic ecosystems inserted in an anthropogenic landscape. *Ecological Indicators*, 113, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106231>
- Faria, A. P. J., Paiva, C. K. S., Calvão, L. B., Cruz, G. M., & Juen, L. (2021). Response of aquatic insects to an environmental gradient in Amazonian streams. *Environmental Monitoring Assessment*, 193, 763. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09553-6>
- Faria, A. P. J., Ligeiro, R., Calvão, L. B., Giam, X., Leibold, M. A., & Juen, L. (2023). Land use types determine environmental heterogeneity and aquatic insect diversity in Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 851, 281-298. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05190-x>
- Floriano, C. F. B., Moreira, F. F. F., & Bispo, P. C. (2017). South American species of *Stridulivelia* (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae): identification key, diagnoses, illustrations, and updated distribution. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 199(1), 24-46. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.119.1.24>
- Gardner, T. A., Ferreira, J., Barlow, J., Lees, A. C., Parry, L., Vieira, I. C. G., Berenguer, E., Abramovay, R., Aleixo, A., Andretti, C., Aragão, L. E. O., Araújo, I., Ávila, W. S., Bardgett, R. D., Batistella, M., Begotti, R. A., Beldini, T., Blas, D. E., Braga, R. F., Zuanon, J. (2013). A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1619), 20120166–20120166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0166>
- Giehl, N. F., Fonseca, P. V., Dias-Silva, K., Brasil, L. S., & Cabette, H. S. (2015). Efeito de fatores abióticos sobre *Brachymetra albinervis* (Heteroptera: Gerridae). *Iheringia, Série Zoologia*, 105(4), 411-415. <https://doi.org/10.1590/1678-476620151054411415>
- Giehl, N. F. S., Cabette, H. S. R., Dias-Silva, K., Juen, L., Moreira, F. F. F., Castro, L. A., Ferreira, V. R. S., & Batista, J. D. (2020). Variation in the diversity of semiaquatic bugs (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha) in altered and preserved veredas. *Hydrobiologia*, 847(16), 3497-3510. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04364-1>
- Guterres, A. P., Cunha, E. J., Godoy, B. S., Silva, R. R., & Juen, L. (2020). Co-occurrence patterns and morphological similarity of semiaquatic insects (Hemiptera: Gerromorpha) in streams of Eastern Amazonia. *Ecological Entomology*, 45(1), 155-166. <https://doi.org/10.1111/een.12785>
- Guterres, A. P., Cunha, E. J., & Juen, L. (2021). Tolerant semiaquatic bugs species (Heteroptera: Gerromorpha) are associated to pasture and conventional logging in the Eastern Amazon. *Journal of Insect Conservation*, 25(4), 555-567. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00316-9>
- Hydro. (2022). *Hydro Annual Report 2021*. <https://www.hydro.com/globalassets/06-investors/reports-and-presentations/annual-report/rdmar21/annual-report-2021-eng.pdf>
- Juen, L., & Marco Jr., P. (2011). Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, 4(4), 265-274. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00130.x>
- Juen, L., Cunha, E. J., Carvalho, F. G., Ferreira, M. C., Begot, T. O., Andrade, A. L., Shimano, Y., Leão, H., Pompeu, P. S., & Montag, L. F. A. (2016). Effects of oil palm plantations on the habitat structure and biota of streams in Eastern Amazon. *River Research and Applications*, 32(10), 2081–2094. <https://doi.org/10.1002/rra.3050>
- Kemp, D., Bond, C. J., Franks, D. M., & Cote, C. (2010). Mining, water and human rights: making the connection. *Journal of Cleaner Production*, 18(15), 1553-1562. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.06.008>
- Leão, H., Siqueira, T., Torres, N. R., & Montag, L. F. A. (2020). Ecological uniqueness of fish communities from streams in modified landscapes of Eastern Amazonia. *Ecological Indicators*, 111, 106039. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106039>
- Legendre, P., & Anderson, M. J. (1999). Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs*, 69(1), 1-24. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069\[0001:DBRAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0001:DBRAT]2.0.CO;2)
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier.
- Li, L., Zheng, B., & Liu, L. (2010). Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: Definitions, approaches and trends. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1510-1524. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.164>

- Magalhães, O. M., Moreira, F. F. F., & Galvão, C. (2016). A new species of *Rhagovelia* Mayr, 1865 (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) from Pará State, with an updated key to Brazilian species of the *robusta* group. *Zootaxa*, 4171(3), 586-594. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4171.3.12>
- Martins, W. B. R., Rodrigues, J. I. M., Oliveira, V. P., Ribeiro, S. S., Barros, W. S., & Schwartz, G. (2022). Mining in the Amazon: Importance, impacts, and challenges to restore degraded ecosystems. Are we on the right way? *Ecological Engineering*, 174, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106468>
- Moreira, F. F., Alecrim, V., Ribeiro, J. R., & Nessimian, J. L. (2011). Identification key to the Gerridae (Insecta: Heteroptera: Gerromorpha) from the Amazon River floodplain, Brazil, with new records for the Brazilian Amazon. *Zoologia (Curitiba)*, 28(2), 269-279. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000200018>
- Moura, A., Lutter, S., Siefert, C. A. C., Netto, N. D., Nascimento, J. A. S., & Castro, F. (2021). Estimating water input in the mining industry in Brazil: A methodological proposal in a data-scarce context. *The Extractive Industries and Society*, 9, 101015. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.101015>
- Nessimian, J. L., Venticinqu, E. M., Zuanon, J., Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J. D., & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614(1), 117-131. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9441-x>
- Nieser, N. (1994). A new species and a new status in Neogerris Matsumura (Heteroptera: Gerridae) with a key to American species. *Storkia*, 3, 27-37.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira-Junior, J. M. B., Junior, P. D. M., Dias-Silva, K., Leitão, R. P., Leal, C. G., Pompeu, P. S., & Juen, L. (2017). Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. *Limnologia*, 66, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2017.04.007>
- Paca, V. H. M., Lopes, D. F., & Lima, J. B. M. (2013). Recursos hídricos superficiais. In X. S. J. João, S. G. Teixeira, & D. D. F. Fonseca (Eds.), *Geodiversidade do estado do Pará* (pp. 75-88). CPRM/Serviço Geológico do Brasil.
- Paiva, C. K. S., Faria, A. P. J., Calvão, L. B., & Juen, L. (2021). The anthropic gradient determines the taxonomic diversity of aquatic insects in Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 848, 1073-1085. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04515-y>
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633-1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Petsch, D. K. (2016). Causes and consequences of biotic homogenization in freshwater ecosystems. *International Review of Hydrobiology*, 101(3-4), 113-122. <https://doi.org/10.1002/iroh.201601850>
- Petsch, D. K., Blowes, S. A., Melo, A. S., & Chase, J. M. (2021). A synthesis of land use impacts on stream biodiversity across metrics and scales. *Ecology*, 102(11), e03498. <https://doi.org/10.1002/ecy.3498>
- Pinto, A., Amaral, P., Souza Jr., C., Veríssimo, A., Salomão, R., Gomes, G., & Balieiro, C. (2009). *Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas. Relatório Técnico*. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon). <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/outros/iagnostico-socioeconomico-e-florestal-do-pdf>
- Podani, J., & Schmera, D. (2011). A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence - absence data. *Oikos*, 120(11), 1625-1638. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19451.x>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rivera-Pérez, J. M., Shimano, Y., Luiza-Andrade, A., Pinto, N. S., Dias, L. G., Ferreira, K. S., Rolim, S., & Juen, L. (2023). Effect of mining on the EPT (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) assemblage of Amazonian streams based on their environmental specificity. *Hydrobiologia*, 850, 645-664. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05111-4>
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R., & Lima, J. C. A. (1991). *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Wang, Z., Lechner, A. M., Yang, Y., Baumgartl, T., & Wu, J. (2020). Mapping the cumulative impacts of long-term mining disturbance and progressive rehabilitation on ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 717, 137214. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137214>
- Watrín, O. S., & Rocha, A. M. A. (1992). *Levantamento da vegetação natural e do uso da terra no município de Paragominas (PA) utilizando imagens TM/Landsat* (Boletim de Pesquisa, 124). EMBRAPA/CPATU. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/379420>
- Yadamsuren, O., Morse, J. C., Hayford, B., Gelhaus, J. K., & Adler, P. H. (2020). Macroinvertebrate community responses to land use: a trait-based approach for freshwater biomonitoring in Mongolia. *Hydrobiologia*, 847(8), 1887-1902. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04220-2>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

V. A. Luz contribuiu com conceituação, investigação, curadoria de dados e escrita (rascunho original); E. J. Cunha com metodologia, conceituação, análise formal e escrita (edição); A. P. M. Guterres com metodologia, conceituação, análise formal e escrita (edição); G. F. M. Pereira com metodologia e visualização; e L. Juen com conceituação, administração de projeto, aquisição de financiamento, recursos, supervisão, coleta de dados e escrita (revisão e edição).

Dieta de *Athene cunicularia* (Strigidae) no *campus* da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ilha do Fundão, Brasil

Diet of *Athene cunicularia* (Strigidae) on the *campus* of the Federal University of Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Brazil

Vania Soares Alves¹  | Maria Luisa Marinho de Noronha¹  | Ana Galvão¹ 

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro. Laboratório de Ornitologia. Departamento de Zoologia. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: A coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) possui hábitos diurnos e noturnos, com ocorrência do sul do Canadá à Terra do Fogo e em todo o Brasil. É uma predadora generalista de hábito carnívoro-insetívoro. A descoberta de ninhos em área descampada, próxima ao prédio da Reitoria no *campus* da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nos levou a fazer coletas *ad libitum* nos meses de abril e maio de 2016. Neste artigo, descrevemos qualitativamente a dieta dessa espécie em um ambiente antropizado. Foram coletadas 47 pelotas contendo itens alimentares não digeríveis, como exoesqueletos de artrópodes, ossos, pelos, penas e dentes. As amostras foram conservadas em etanol a 70% e posteriormente triadas sob microscópio estereoscópico. Artrópodes estavam presentes em 100% das pelotas, enquanto vertebrados em 85,1%. Coleoptera (besouros) e Orthoptera (gafanhotos) foram os Insecta mais abundantes na dieta, constando, respectivamente, em 46 e 44 do total de 47 amostras analisadas. Aranhas (ordem Araneae) foram encontradas em 43 amostras, lagartixas (ordem Squamata), em 29 amostras, pequenos roedores (ordem Rodentia), em 11 amostras e rãs (ordem Anura), em quatro amostras. Esses resultados concordam com a prevalência de invertebrados, relatada na literatura, para a dieta dessa espécie, contudo indicam predomínio de répteis dentre os vertebrados predados.

Palavras-chave: Ecologia alimentar. Área urbana. Strigidae.

Abstract: The burrowing owl (*Athene cunicularia*) is a diurnal and nocturnal owl, distributed from southern Canada to Tierra del Fuego and throughout Brazil. It is a generalist predator with a carnivorous-insectivorous diet. The discovery of nests in an open area, close to the Rectory building on the UFRJ campus prompted *ad libitum* collections during April and May 2016. This study aims to qualitatively describe the diet of this species in an anthropized environment. 47 pellets containing non-digestible food items such as arthropod exoskeletons, bones, hair, feathers and teeth were collected. The samples were preserved in 70% ethanol and subsequently examined under a stereoscopic microscope. Arthropods were present in 100% of the pellets while vertebrates in 85.1%. Coleoptera, beetles and Orthoptera, grasshoppers, were the most abundant Insecta in the diet, appearing, respectively, in 46 and 44 of the total of 47 samples analyzed. Spiders, Order Araneae, were found in 43 samples; Order Squamata, geckos, in 29 samples, small rodents, Order Rodentia in 11 samples and frogs, Order Anura, in four samples. These results agree with the prevalence of invertebrates, reported in the literature, for the diet of this species, however, they indicate a predominance of reptiles among the vertebrate prey.

Keywords: Food ecology. Urban area. Strigidae.

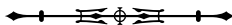
Alves, V. S., Noronha, M. L. M., & Galvão, A. (2025). Dieta de *Athene cunicularia* (Strigidae) no *campus* da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ilha do Fundão, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-1039. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.1039>

Autora para correspondência: Vania Soares Alves. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia. Departamento de Zoologia. Centro de Ciências da Saúde – Cidade Universitária. Ilha do Fundão. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP 21944-970 (aves.alves@gmail.com).

Recebido em 23/10/2024

Aprovado em 10/02/2025

Responsabilidade editorial: Leonardo de Sousa Miranda



INTRODUÇÃO

A coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* (Molina, 1782), com cerca de 30 cm de comprimento e peso variando de 145 a 185 g (Develey & Endrigo, 2004), é uma ave terrícola e pernalonga, ocorrendo do sul do Canadá à Terra do Fogo, excetuando os ambientes florestais (Sick, 1997). Atualmente, há registros fotográficos em todos os estados do Brasil, incluindo a bacia amazônica, possivelmente como uma consequência do desmatamento na região (Gomes et al., 2013; Wikiaves, s.d.). Ocupa campos, pastos e restingas, áreas abertas em geral, com vegetação rasteira (Sick, 1997). Seu comportamento não sofre grandes alterações com a maior ou menor presença do ser humano, não sendo drasticamente alterado em áreas habitadas (Turcatto, 2015), nem mesmo com desenvolvimento urbano acentuado (Baladrón et al., 2020). Contudo, para Crivelaro et al. (2015), a presença constante de pessoas perto dos ninhos acarreta o aumento da frequência de comportamento de defesa em relação aos comportamentos de caça e cuidados parentais. Essa espécie apresenta hábitos diurnos, sendo mais ativa durante o crepúsculo e o início da noite (Motta-Junior, 2006). É predadora generalista de hábito carnívoro-insetívoro, consumindo presas em função de sua disponibilidade (Silva-Porto & Cerqueira, 1990; Vieira & R. Teixeira, 2008), definindo-se como oportunista. Devido à sua dieta generalista, a coruja-buraqueira pode ser considerada um excelente biocontrolador de pragas em áreas urbanas e de atividades agropecuárias (Moraes et al., 2004; Vera & Tuarez, 2019).

No presente trabalho, descrevemos qualitativamente a dieta dessa espécie em um ambiente antropizado: a ilha do Fundão, próxima à baía de Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro. Tais informações, mesmo que pontuais, somam-se aos poucos registros de seus itens alimentares no estado do Rio de Janeiro, contribuindo para uma maior compreensão da história natural dessa espécie, tão amplamente distribuída.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Na cidade do Rio de Janeiro, em uma área descampada, com vegetação rasteira, composta, principalmente, por gramíneas e próxima ao prédio da Reitoria da UFRJ (latitude 22° 86' 66,8" S; longitude 43° 22' 38,5" W), foram encontradas tocas de *A. cunicularia* em meio a amontoados de pedras existentes no terreno (Figura 1). Foram feitas coletas *ad libitum* de pelotas nos meses de abril e maio de 2016.

METODOLOGIA

Essa corujinha, como outras aves de rapina, regurgita pelotas ou egagrópilas formadas por partes de difícil digestão dos itens consumidos (Figura 2), como exoesqueletos de artrópodes, ossos e pelos de vertebrados (F. Teixeira & Melo, 2000). As pelotas (N = 47) foram coletadas nas proximidades dos ninhos, levadas ao laboratório, onde foram pesadas, medidas e armazenadas em frascos com etanol a 70%. As amostras foram desmanchadas manualmente e analisadas em duas etapas: primeiramente, foram separadas as partes reconhecíveis de artrópodes (cabeças, mandíbulas, membros, élitros e asas) dos restos de vertebrados. As subamostras de quitina foram mantidas em etanol, como nas etapas anteriores. Os ossos foram secos e separados em outros frascos. As análises de invertebrados foram apenas qualitativas e as de vertebrados foram também quantitativas, ambas feitas com auxílio de microscópio estereoscópico. Especialistas ajudaram na identificação dos itens das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tamanho médio das pelotas foi de 29,4 mm x 13,2 mm, variando de 21,0 mm a 43,7 mm no comprimento e de 11,0 a 13,9 mm na largura. O peso médio, considerando-se somente as pelotas íntegras (N = 31), foi de 1,3 ($\pm$ 0,6) g. Esses resultados encontram-se na mesma faixa de tamanho e peso das pelotas analisadas por Schlatter et al. (1980), Koppe (2004), Santos et al. (2017) e Mansur e Ferreira (2019).

Figure 1. Geographical location, aerial view (Google Maps) and photos of the studied area.

Neste estudo, Coleoptera e Orthoptera foram os Insecta mais abundantes na dieta, constando, respectivamente, em 46 e 44 do total de 47 amostras. Essas duas ordens foram as de destaque também para Koppe (2004), Bastian et al. (2008), Vieira e R. Teixeira (2008), Menezes e Meira (2012), Menezes e Ludwig (2013), Rasche (2017), Santos et al. (2017) e Otero (2019). Mansur e Ferreira (2019) citam coleópteros como os invertebrados mais encontrados nas pelotas, principalmente representantes da família Scarabaeidae; para Carvalho (2010), os invertebrados mais presentes foram os himenópteros; já Motta-Junior (2006) cita isópteros.



Figura 2. Egagrópila íntegra (A) e desfeita (B) para separação dos itens alimentares.

Figure 2. A whole pellet (A) and a dismantled one (B) for analysis of food items.

Tabela 1. Percentagem dos táxons identificados nas pelotas de *Athene cunicularia*.

(Continua)

Table 1. Percentage of taxa identified in the pellets of *Athene cunicularia*.

(Continue)

Nº total = 47 amostras	N	%
Orthoptera	44	93,6
Orthoptera não identificado	38	80,9
Ensifera	5	10,6
Caelífera	1	2,1
Blattodea	1	2,1
Coleoptera	46	97,9
Coleoptera não identificado	25	53,2
Larvas de coleoptera	11	23,4
Scarabaeidae	20	42,6
Carabidae	6	12,8
Cerambycidae	1	2,1
Chrysomelidae	1	2,1
Passandridae	3	6,4
Hymenoptera	8	17,0
Não Formicidae	1	2,1
Formicidae	7	14,9
Diptera - Stratyomiidae	7	14,9
Araneae	43	91,5
Diplopoda	1	2,1

Tabela 1 | *Table 1.* (Conclusão) | *(Conclusion)*

Nº total = 47 amostras	N	%
Rodentia	11	23,4
<i>Mus musculus</i>	11	23,4
Squammata	30	63,8
<i>Hemidactylus mabouia</i>	29	61,7
<i>Tropidurus torquatus</i>	1	2,1
Anura	4	8,5

Tabela 2. Presas identificadas por pelota. (Continua)

Table 2. Prey identified by pellets. (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
1	12/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Hymenoptera - Formicidae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
2	12/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Hymenoptera - Formicidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
3	12/04/2016	Invertebrado	Coleoptera
			Coleoptera Passandridae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
4	12/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Hymenoptera - não Formicidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
5	12/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Blattodea
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
6	12/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera

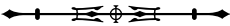


Tabela 2 | Table 2.

(Continua) | (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
6	12/04/2016	Invertebrado	Hymenoptera - Formicidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
7	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Cerambycidae
			Diptera Stratiomyidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
8	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Hymenoptera - Formicidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
9	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Hymenoptera - Formicidae
			Araneae
		Vertebrado	Anura
			<i>Hemidactylus mabouia</i>
10	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
11	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
12	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
13	27/04/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera Passandridae



Tabela 2 | Table 2. (Continua) | (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
13	27/04/2016	Invertebrado	Araneae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
14	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	Anura
			<i>Hemidactylus mabouia</i>
15	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	Anura
			<i>Hemidactylus mabouia</i>
16	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Ensífera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
17	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Diptera Stratyomiidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
18	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Cerambycidae
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
19	12/05/2016	Invertebrado	
			Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera-Scarabaeidae
			Hymenoptera - Formicidae
			Diptera - Stratyomiidae



Tabela 2 | Table 2.

(Continua) | (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
19	12/05/2016	Invertebrado	Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
20	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Ensífera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Diptera - Stratyomiidae
			Araneae
21	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Diptera - Stratyomiidae
			Araneae
22	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Carabidae
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
23	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
24	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Ensífera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Carabidae
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
25	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Diptera - Stratyomiidae

Tabela 2 | Table 2. (Continua) | (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
25	12/05/2016	Invertebrado	Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
26	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
27	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Diptera - Stratiomyidae
			Araneae
28	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Ensífera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
29	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
30	12/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Caelífera
			Coleoptera
		Vertebrado	<i>Mus musculus</i>
31	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Passandridae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
32	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera-Scarabaeidae
			Coleoptera - Chrysomelidae
			Araneae

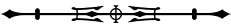


Tabela 2 | Table 2.

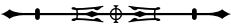
(Continua) | (Continue)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
32	25/05/2016	Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
33	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Hymenoptera - Formicidae
			Araneae
34	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Carabidae
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
35	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Carabidae
			Coleoptera - Scarabaeidae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
36	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Carabidae
			Coleoptera-Scarabaeidae
			Araneae
			Diplopoda
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
37	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
38	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
39	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera

Tabela 2 | Table 2.

(Conclusão) | (Conclusion)

Nº da pelota	Data de coleta	Grupo encontrado	Táxon identificado
39	25/05/2016	Invertebrado	Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
40	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
41	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Araneae
42	25/05/2016	Invertebrado	Coleoptera
			Araneae
43	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Larva de Coleoptera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
44	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
45	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Orthoptera - Ensifera
			Coleoptera
			Coleoptera - Scarabaeidae
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
46	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	Anura
<i>Hemidactylus mabouia</i>			
47	25/05/2016	Invertebrado	Orthoptera
			Coleoptera
			Araneae
		Vertebrado	<i>Hemidactylus mabouia</i>
			<i>Tropidurus torquatus</i>



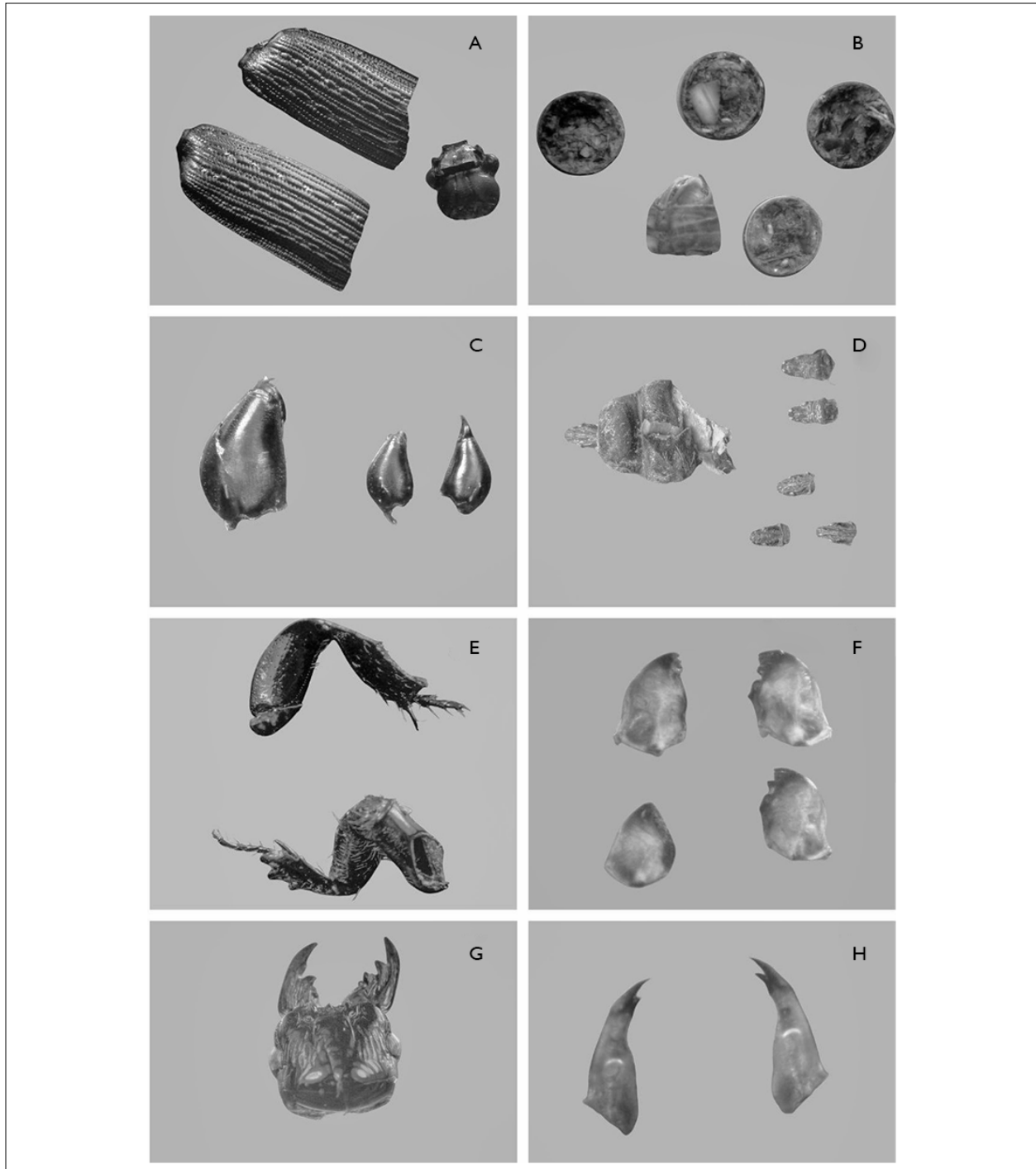


Figura 3. (A) Cerambycidae – cabeça e élitros, (B) Diplopoda – segmentos, (C) Araneae – quelíceras, (D) Diptera – larva, (E) Scarabaeidae – membros, (F) Orthoptera – mandíbulas, (G) Passandridae – cabeça, (H) Coleoptera – mandíbula da larva.

Figure 3. (A) Cerambycidae – head and elytras, (B) Diplopoda – segments, (C) Araneae – cheliceras, (D) Diptera – larva, (E) Scarabaeidae – limbs, (F) Orthoptera – mandibles, (G) Passandridae – head, (H) Coleoptera – larval mandible.

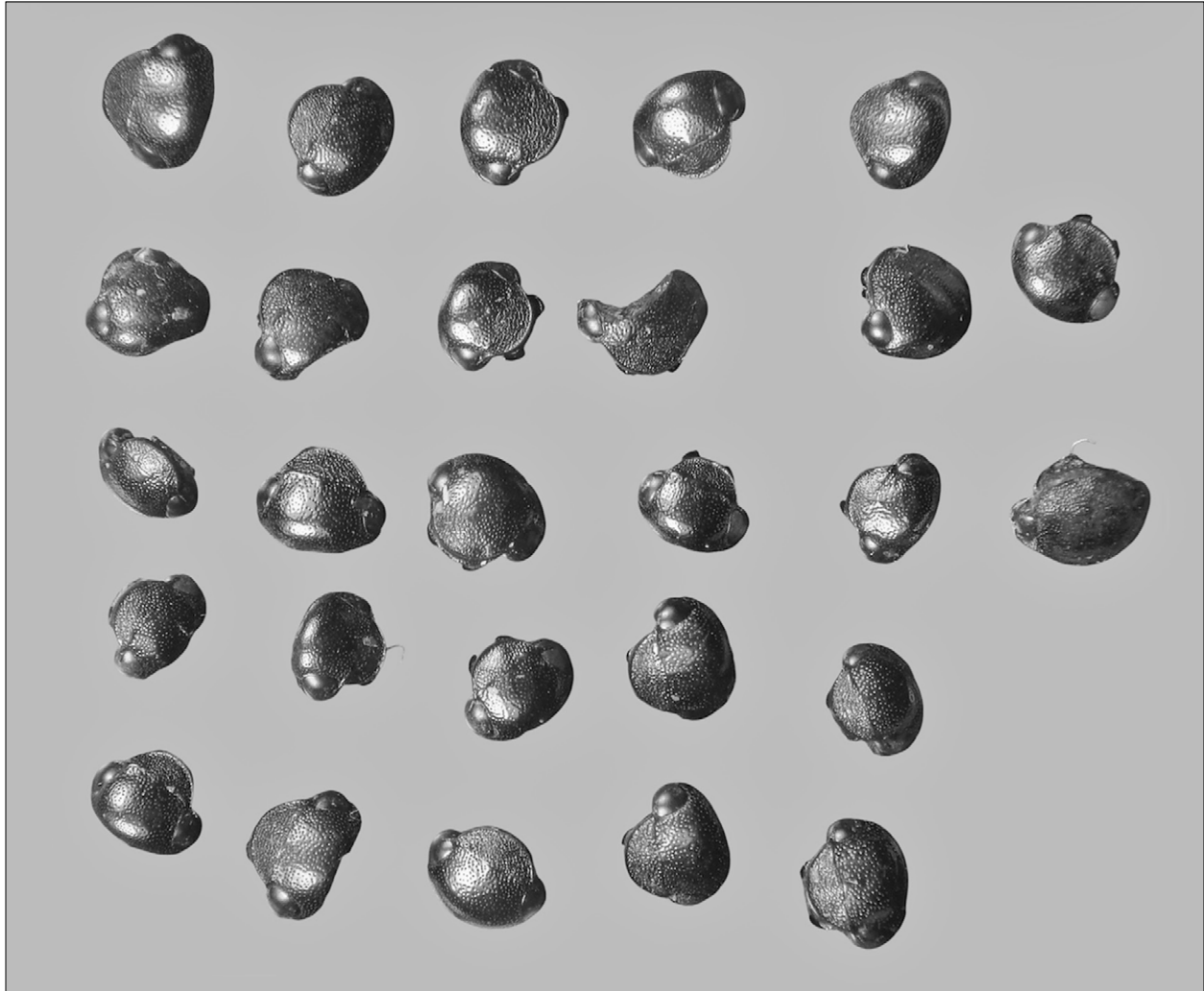


Figura 4. Cabeças de Coleoptera em uma única pelota.

Figure 4. Coleoptera heads in a single pallet.

Merece destaque ainda o consumo de Araneae, presente em 43 amostras analisadas (Tabela 1). Dentre os demais autores, que também citam o consumo de aracnídeos, Silva-Porto e Cerqueira (1990), no estado do Rio de Janeiro, registraram a ordem em 84% das egagrópilas. Em outras regiões do país, F. Teixeira e Melo (2000), F. Silva (2006), Motta-Junior (2006), Bastian et al. (2008), Vieira e R. Teixeira (2008) e Schwaida (2012) apontaram a baixa frequência de ocorrência de Araneae nas amostras que estudaram.

Para Sherry e Mcdade (1982), a predominância de insetos na dieta de predadores de pequeno porte pode ser atribuída à maior facilidade de manipulação, abundância e previsibilidade do recurso. O trabalho desses autores não foi realizado com a coruja-buraqueira, mas com um galbuliforme da família Buconidae, *Monasa morphoeus* (Hahn & Küstrer, 1823), e um passeriforme da família Tyranidae, *Attila spadiceus* (Gmelin, 1789), mas a justificativa pode ser adequada a *A. cunicularia*. Outra possibilidade para a predominância de invertebrados em nossa

amostragem seria uma resposta funcional e numérica à baixa densidade ambiental de pequenos mamíferos, como o sugerido pelo estudo de longo prazo com a espécie desenvolvido no Chile (S. Silva et al., 1995).

Quanto ao consumo de vertebrados (Tabelas 1 e 2), apenas mamíferos Rodentia (Figura 5), répteis Squamata (Figura 6) e anfíbios Anura (Figura 7) tiveram registro neste estudo. Encontramos 45 espécimes de vertebrados registrados em 40 amostras. Lagartixas (*Hemidactylus mabouia* - Gekkonidae) e camundongos (*Mus musculus* - Muridae) foram as presas mais frequentemente consumidas, seguidas por anuros de espécie não identificada e calango (*Tropidurus torquatus* - Tropiduridae).

Hemidactylus mabouia mereceu nossa atenção como o vertebrado mais presente nas amostras que estudamos (Tabela 1). Espécie de origem africana, ainda não se sabe ao certo desde quando e como chegou ao Novo Mundo. Para Kluge (1969) e Vanzolini (1978), as hipóteses mais prováveis são a de ter atravessado o oceano em canoas naturais, trazidas pelas correntes marinhas, ou em navios portugueses em trânsito pelo Atlântico. Muito conhecida por frequentar residências urbanas, habita igualmente ambientes naturais, como registrado no estudo de Anjos e Rocha (2008), em Valinhos, São Paulo. Essa população utilizou dez tipos diferentes de microhabitats, seis deles sobre pedras, tendo sido este o seu microhabitat preferencial. *Hemidactylus mabouia* tem hábito de vida noturno e sua dieta é composta basicamente por artrópodes, incluindo insetos, aracnídeos e crustáceos (Anjos & Rocha, 2008). Possivelmente, a presença de lagartixas nas pedras próximas às tocas contribuiu para que *H. mabouia* se tornasse a presa vertebrada mais consumida por *A. cunicularia* em nosso estudo. Segundo Martins e Egler (1990), a coruja-buraqueira é uma espécie predadora generalista de artrópodes e pequenos vertebrados, aproveitando-se de presas que estão mais disponíveis em seu *habitat*, não as escolhendo, o que minimiza seu esforço durante a captura.

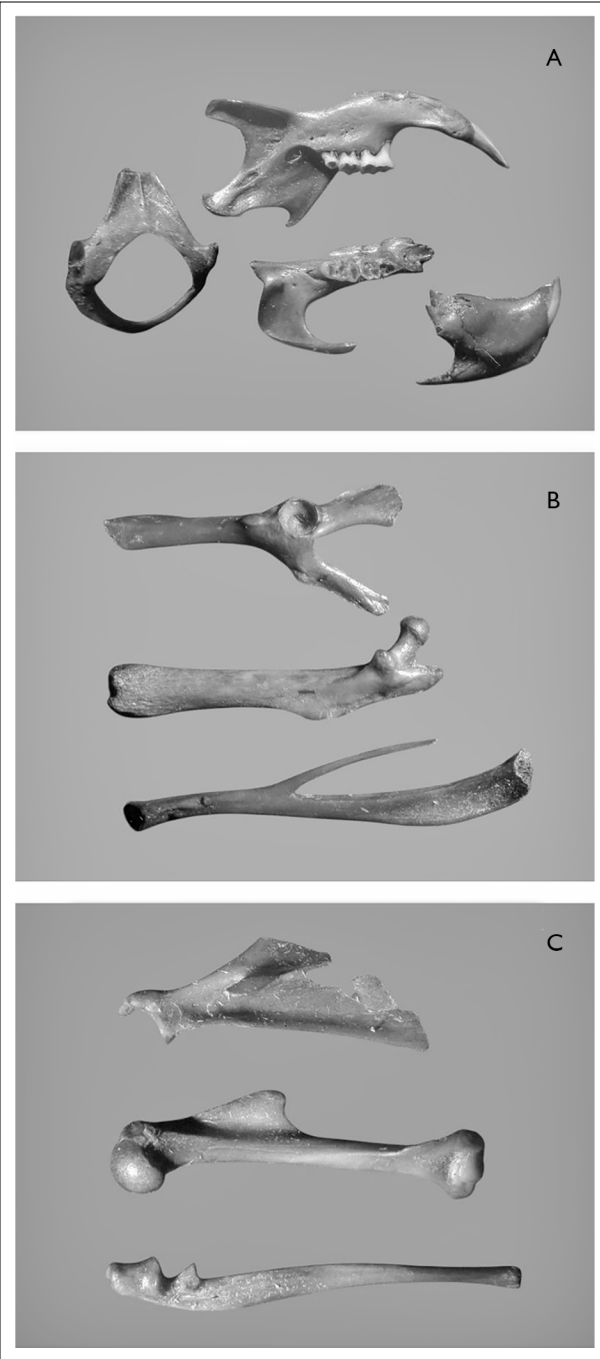


Figura 5. Fragmentos de ossos de *Mus musculus* Linnaeus, 1758: (A) dentário, premaxila, maxila e basisfenoide, (B) ílio-ísqio-púbis, fêmur e tibia-fíbula, (C) escápula, úmero e ulna escapular.

Figure 5. Bone fragments of *Mus musculus* Linnaeus, 1758: (A) dental bones, premaxilla, maxilla, basisphenoid, (B) ilium-ischium-pubis, femur and tibia-fibula, (C) scapula, humerus and ulna.

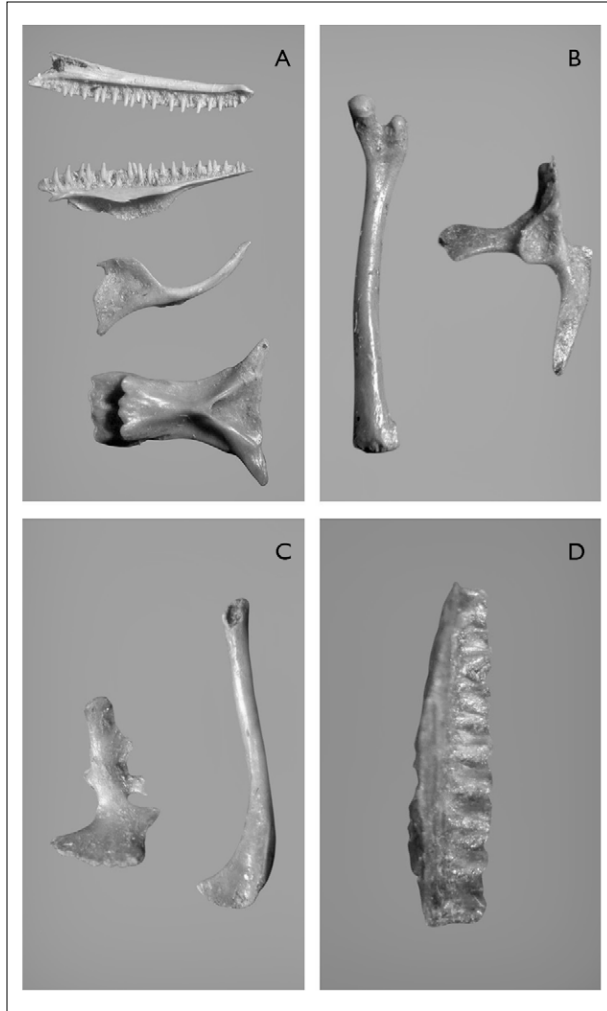


Figura 6. Fragmentos de ossos de Squamata: (A) ossos do crânio de *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818, (B) cintura pélvica de *H. mabouia*, (C) cintura escapular de *H. mabouia*, (D) mandíbula de *Tropidurus torquatus*.

Figure 6. Bones fragments of Squamata: (A) skull bones of *Hemidactylus mabouia*, Moreau de Jonnès, 1818, (B) pelvic girdle of *H. mabouia*, (C) shoulder girdle of *H. mabouia*, (D) mandible of *Tropidurus torquatus*.

Em nosso estudo, a segunda presa vertebrada mais capturada foi *Mus musculus* (Tabela 1). Predadores de topo de cadeia alimentar, como as corujas, influenciam no controle populacional de presas como roedores (Motta-Junior et al., 2004). Este hábito alimentar é de grande utilidade para o homem, uma vez que colabora para o controle da densidade populacional de roedores

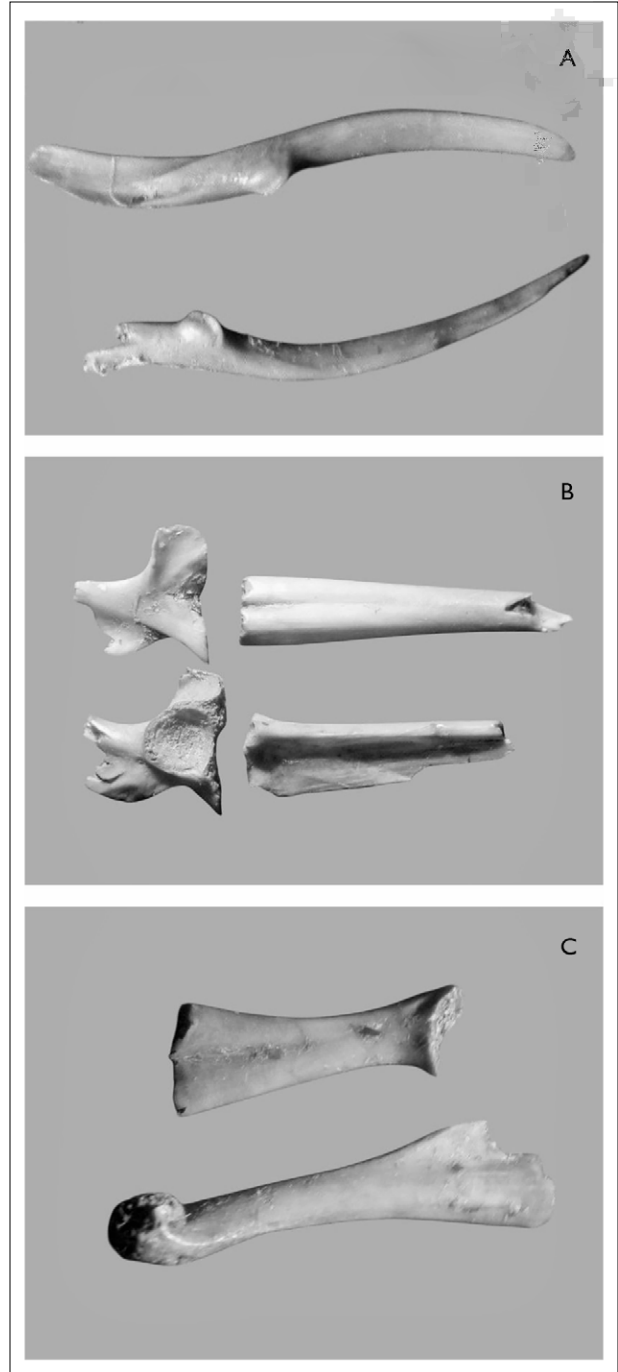


Figura 7. Fragmentos de ossos de anfíbios Anura: (A) mandíbula e maxila, (B) ílio-ísqio-púbis, tibiofibula e uróstilo, (C) radioulna e úmero.

Figure 7. Bones fragments of Anura: (A) mandible and maxilla, (B) ilio-ischio-pubis, tibiofibular, (C) radioulna and humerus.

nas cidades, além de pragas em áreas agrícolas (Moraes et al., 2004; Santos et al., 2017; Vera & Tuarez, 2019). A Tabela 3 apresenta a listagem de vertebrados identificados em outros estudos de dieta de *A. cunicularia*.

Entendemos que a diversidade de vertebrados encontrados na dieta de *A. cunicularia* depende substancialmente de características físicas das áreas de estudo, do clima, da época do ano, dos movimentos

migratórios de presas (por exemplo, das aves) e de outras variantes. Os estudos de Menezes e Ludwig (2013) concluem que a adaptação da coruja-buraqueira à grande diversidade de presas pode ser a chave para o sucesso da espécie, mesmo em áreas alteradas. Tal característica aponta que a oportunidade e a disponibilidade são as principais características da ecologia alimentar da coruja-buraqueira, mais do que a preferência.

Tabela 3. Listagem de vertebrados identificados em outros estudos quanto à dieta de *A. cunicularia*.

Table 3. List of vertebrates identified in other studies carried out regarding the diet of *A. cunicularia*.

Referência	Estado	Área de estudo	Vertebrados
Silva-Porto e Cerqueira (1990)	RJ	Restinga	Pisces, Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Teixeira e Melo (2000)	MG	Áreas urbanas, arredores de Uberlândia	Amphibia, Reptilia, Mammalia
Koppe (2004)	PR	Dunas em Pontal do Sul	Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Moraes et al. (2004)	PR	Dunas em Pontal do Sul	Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Zilio (2006)	RS	Praias e dunas	Pisces, Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
F. Silva (2006)	PR	Curitiba e região metropolitana, cinco áreas urbanas	Amphibia, Mammalia
Motta-Junior (2006)	SP	Arredores de São Carlos e Luiz Antônio	Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Vieira e Teixeira (2008)	ES	Pastagens de planícies costeiras em Linhares	Pieces, Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Bastian et al. (2008)	RS	<i>Campus</i> da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) em São Leopoldo	Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Carvalho (2010)	PE	Vitória de Santo Antão, zona da mata	Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Schwaida (2012)	SC	São Francisco do Sul, restingas urbanizadas	Pieces, Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia
Menezes e Meira (2012)	SP	<i>Campus</i> da Universidade Paulista (UNIP) em Assis	Mammalia
Menezes e Ludwig (2013)	SP	Arredores de Maracáí	Aves, Mammalia
Santos et al. (2017)	BA	<i>Campus</i> da Universidade Estadual de Maringá (UEM) em Cruz das Almas	Reptilia, Aves, Mammalia, Amphibia
Rasche (2017)	RS	<i>Campus</i> da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES)	Mammalia
Mansur e Ferreira (2019)	MG	Região urbana em Patrocínio	Aves, Mammalia
Otero (2019)	DF	Campos abertos, pastos e parques	Reptilia, Aves, Mammalia

AGRADECIMENTOS

Ao Saulo Silva Cruz, pelo apoio nas atividades de campo.
Ao Alfredo Heleno de Oliveira, por nos conduzir até a área onde as corujas estavam e por fornecer informações sobre a vegetação. Aos especialistas Jorge Luiz Nessimian, José Ricardo Miras Mermudes, João Alves de Oliveira e Leila Maria Pessoa, pela identificação de componentes da dieta contidos nas pelotas. E à Ana Beatriz Aroeira Soares, pela revisão do artigo e sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS

- Anjos, L. A., & Rocha, C. F. D. (2008). A lagartixa *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnes, 1818 (Gekkonidae): uma espécie exótica e invasora amplamente estabelecida no Brasil. *Natureza & Conservação*, 6(1), 78-89.
- Baladrón, A. V., Cavalli, M., Isacch, J. P., & Bó, M. S. (2020). Distribuição e densidade de ninhos de coruja-buraqueira em relação ao desenvolvimento urbano. *Ethology, Ecology & Evolution*, 32(3), 237-250. <https://doi.org/10.1080/03949370.2020.1711814>
- Bastian, A. M. S., Fraga, E. D., Mäder, A., Garcia, S. A., & Sander, M. (2008). Análise de egagrópilas de coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* (Molina, 1782) no Campus da UNISINOS, São Leopoldo-RS (Strigiformes: Strigidae). *Biodiversidade Pampeana*, 6(2), 70-73.
- Carvalho, C. S. (2010). *Variação temporal na dieta de Speotyto cunicularia (aves: Strigidae), na cidade de Vitória de Santo Antão (Pernambuco, Brasil)* [Monografia, Universidade Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/18118>
- Crivellaro, A. Z., Marques, E. M. V. C., Soares, T. L., & Ferreira, R. G. N. (2015). Impacto antrópico no comportamento da coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*). In *Anais da Mostra de Ciência e Tecnologia da 9ª Bienal de Arte, Ciência e Cultura da UNE Biociências*, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul. <https://www.anpg.org.br/wp-content/uploads/2013/11/Anais-Mostra-Cient%C3%ADfica-9a-Bienal-da-UNE.pdf>
- Develey, P. F., & Endrigo, E. (2004). *Guia de campo: aves da grande São Paulo*. Aves & Fotos.
- Gomes, F. B. R., Barreiros, M. H. M., & Santana, T. B. K. (2013). Novos registros da expansão geográfica de *Athene cunicularia* na Amazônia central com especial referência as atividades humanas. *Atualidades Ornitológicas*, (172), 12-14. https://coavap.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/gomes-et-al_2013_athene-cunicularia.pdf
- Kluge, A. G. (1969). The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* complex (Gekkonidae, Sauria). *University of Michigan Museum of Zoology*, (138), 5-78. <https://hdl.handle.net/2027.42/56382>
- Koppe, F. R. (2004). *Estudo de Speotyto cunicularia em ambiente litorâneo: uma avaliação da dieta entre micro-habitats e das ações antrópicas sobre uma população de Pontal do Sul, PR* [Monografia, Universidade Federal do Paraná].
- Mansur, H. R., & Ferreira, Q. I. X. (2019). Aspectos da dieta alimentar de corujas buraqueiras *Athene cunicularia* (Molina, 1782) em ambiente urbano, Patrocínio – MG. *Revista Educação, Saúde & Meio Ambiente*, 2(6), 136-150. <https://www.unicerp.edu.br/revistas/educsaudemioamb/20192/artigo9.pdf>
- Martins, M., & Egler, S. G. (1990). Comportamento de caça em um casal de corujas buraqueiras (*Athene cunicularia*) na região de Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 50(3), 579-584.
- Menezes, L. N., & Meira, N. T. (2012). Análise da ecologia alimentar da *Athene cunicularia* (Aves, Strigidae) numa área sob influência antrópica no município de Assis–SP. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 15(1), 37-41. <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4165>
- Menezes, L. N., & Ludwig, P. R. (2013). Diversidade alimentar da coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) em ambiente antropomorfizado no município de Maracá/SP. *Journal of the Health Sciences Institute*, 31(4), 347-350. <https://repositorio.unip.br/journal-of-the-health-sciences-institute-revista-do-instituto-de-ciencias-da-saude/diversidade-alimentar-da-coruja-buraqueira-athenecunicularia-em-ambiente-antropomorfizado-no-municipio-de-maracai-sp/>
- Moraes, V. S., Pedroso-Jr., N. N., & Bandeira, D. L. C. (2004). Aspectos ecológicos da coruja-buraqueira (*Speotyto cunicularia*) agregados a uma análise socioeconômica visando a conservação de dunas costeiras em Pontal do Sul, PR. *Bioikos*, 18(2), 11-19. <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/bioikos/article/view/868>
- Motta-Junior, J. C., Bueno, A. A., & Braga, A. C. R. (2004). *Corujas brasileiras*. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. <https://ornitologiadecampobutantan.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/pdf30corujasibc.pdf>
- Motta-Junior, J. C. (2006). Relações tróficas entre cinco Strigiformes simpátricas na região central do estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14(4), 359-377.
- Otero, G. M. R. (2019). *Análise da dieta da Athene cunicularia por meio de análise de egagrópilas no Distrito Federal* [Monografia, Universidade de Brasília]. <https://bdm.unb.br/handle/10483/25352>

- Rasche, C. C. M. (2017). *Dieta de Athene cunicularia* (Molina, 1792) no campus da UNIVATES, Lajeado - RS [Monografia, Universidade do Vale do Taquari]. <http://hdl.handle.net/10737/1788>
- Santos, D. M., Cordeiro, V. L., Cardoso, C. B., Andrea, M. V., Adorno, E. V., & Oliveira, K. N. (2017). Caracterização alimentar da *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) (coruja buraqueira). *Ciência Animal Brasileira*, 18, e24506. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-24506>
- Schlatter, R. P., Yáñez, J. L., Núñez, H., & Jaksic, F. M. (1980). The diet of the Burrowing Owl in central Chile and its relation to prey size. *The Auk*, 97(3), 616-619. <https://www.jstor.org/stable/4085854>
- Schwaida, S. F. (2012). *Dieta de coruja-buraqueira, Athene cunicularia* (Molina, 1782), em duas áreas de restinga com diferentes graus de urbanização [Monografia, Universidade Federal do Paraná]. <https://hdl.handle.net/1884/31603>
- Sherry, T. W., & Mcdade, L. A. (1982). Prey selection and handling in two neotropical hover gleaning birds. *Ecology*, 63(4), 1016-1028. <https://doi.org/10.2307/1937241>
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. Nova Fronteira.
- Silva, F. C. A. (2006). *Ecologia alimentar de Athene cunicularia e Tyto alba* (Aves, Strigiformes) na cidade de Curitiba e Região metropolitana, estado do Paraná [Dissertação, Universidade Federal do Paraná]. <http://hdl.handle.net/1884/17210>
- Silva, S. I., Lazo, I., Silva-Arangui, E., Jaksic, F. M., Meserve, P. L., & Gutierrez, J. R. (1995). Numerical and functional response of Burrowing Owls to long-term mammal fluctuations in Chile. *Journal of Raptor Research*, 29(4), 250-255. <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2163&context=jrr>
- Silva-Porto, F., & Cerqueira, R. (1990). Seasonal variation in the diet of the burrowing owl *Athene cunicularia* in a restinga of Rio de Janeiro State. *Ciência & Cultura*, 42, 1182-1186.
- Teixeira, F. M., & Melo, C. (2000). Dieta de *Speotyto cunicularia* Molina, 1782 (Strigiformes) na região de Uberlândia, Minas Gerais. *Ararajuba*, 8(2), 127-131.
- Turcatto, J. S. (2015). *Efeito do horário do dia, sexo e grau de urbanização no comportamento de coruja-buraqueira (Athene cunicularia) na Ilha de Santa Catarina* [Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/174768>
- Vanzolini, P. E. (1978). On South American *Hemidactylus* (Sauria, Gekkonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 31(1-20), 307-343. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.1978.31.p307-343>
- Vera, D. N. P., & Tuarez, J. L. Z. (2019). *Potencial de la lechuza pequeña (Athene cunicularia) como controlador biológico en el campus politécnico de la espam "mfl" y sus alrededores* [Trabalho de conclusão de curso, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/994>
- Vieira, L. A., & Teixeira, R. L. (2008). Diet of *Athene cunicularia* (Molina, 1782) from a sandy coastal plain in southeast Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 23(5), 5-14.
- WikiAves. (s.d.). *WikiAves – A enciclopédia das aves do Brasil*. <https://www.wikiaves.com.br/>
- Zilio, F. (2006). Dieta de *Falco sparverius* (Aves: Falconidae) e *Athene cunicularia* (Aves: Strigidae) em uma região de dunas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14(4), 379-392.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

V. S. Alves contribuiu com curadoria dos dados, investigação, metodologia, supervisão, validação, visualização e escrita (rascunho, revisão e edição final); M. L. M. Noronha com investigação, visualização e escrita (rascunho, revisão e edição final); e A. Galvão com investigação, visualização e escrita (rascunho, revisão e edição final).

Avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e sua importância na restauração e conservação da Floresta Estacional Semidecidual

Avifauna of the Piracicaba Botanical Garden (Santa Rita, Area I), São Paulo and its importance in the restoration and conservation of the Semideciduous Seasonal Forest

Maria Eliana Carvalho Navega-Gonçalves^I  | Vosmarline Graziela Rocha Lima^{II} | Valdir Felipe Paulete^{III}

^IPesquisadora autônoma. Piracicaba, São Paulo, Brasil

^{II}Secretaria de Educação. Rio das Pedras, São Paulo, Brasil

^{III}Estação Ecológica Barreiro Rico. Fundação Florestal de São Paulo. Anhembi, São Paulo, Brasil

Resumo: Este estudo teve como objetivo realizar o levantamento da avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e coletar dados que demonstram o uso de recursos locais pelas aves. O trabalho foi realizado entre os anos de 2020 a 2023. Foram identificadas 131 espécies, distribuídas em 18 ordens e 41 famílias, sendo duas espécies endêmicas da Mata Atlântica. Ao menos 39 espécies de aves registradas podem contribuir para a restauração e a conservação da Floresta Estacional Semidecidual, devido ao potencial para dispersão de sementes e polinização, ou ambas, segundo referências bibliográficas. A área, sujeita a fortes pressões antrópicas, requer medidas de proteção e manejo de seus espaços. O monitoramento continuado da avifauna pode ser uma ferramenta importante nesse processo.

Palavras-chave: Aves de áreas úmidas. Cuidado parental. Guildas tróficas. Nidificação.

Abstract: This study aimed to survey the avifauna of the Piracicaba Botanical Garden (Santa Rita - Area I), São Paulo and to collect data that demonstrates the use of site resources by birds. The survey was conducted between 2020 to 2023 and 131 species were identified, distributed in 18 orders and 41 families, 2 of which are endemic species of the Atlantic Forest. At least 39 bird of the recorded bird species can contribute to the restoration and conservation of the Semideciduous Seasonal Forest, due to their potential for seed dispersal, pollination or both, according to bibliographic references. The area, which is subject to significant anthropic pressures, requires protection and management measures of its spaces and continuous monitoring of avifauna can be an important tool in this process.

Keywords: Wetland birds. Parental care. Trophic guilds. Nesting.

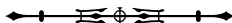
Navega-Gonçalves, M. E. C., Lima, V. G. R., & Paulete, V. F. (2025). Avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e sua importância na restauração e conservação da Floresta Estacional Semidecidual. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0990. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0990>

Autora para correspondência: Maria Eliana Carvalho Navega-Gonçalves. Rua Manoel da Silva Garcia, 59, Campestre. Piracicaba, SP, Brasil. CEP 13401-724 (eliana.navega@gmail.com).

Recebido em 14/06/2024

Aprovado em 02/12/2024

Responsabilidade editorial: Leonardo de Sousa Miranda



INTRODUÇÃO

Aves que habitam áreas urbanas são atraídas pela disponibilidade de alimentos, locais e materiais para nidificação, abrigo e proteção contra a predação. O fator que mais favorece a ocorrência desses recursos é a cobertura vegetal. Assim, a presença de áreas verdes no entorno ou em meio à malha urbana representa um potencial atrativo para a avifauna, como tem sido demonstrado em vários estudos (J. Scherer et al., 2010; Fontana et al., 2011; Alexandrino et al., 2013; Rodrigues et al., 2018; Barbosa et al., 2019; D'Angelo & Sazima, 2019; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021; Lima & Navega-Gonçalves, 2022).

A diversidade avifaunística do município de Piracicaba, São Paulo, está diretamente relacionada à presença e às características da vegetação remanescente, além das áreas úmidas existentes, como o rio Piracicaba, e dos demais cursos d'água e lagoas que oferecem recursos variados, necessários à sobrevivência das aves (Negri et al., 2009; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021; Lima & Navega-Gonçalves, 2022). A riqueza de aves estimada para o município é de 387 espécies, segundo dados disponibilizados na plataforma cidadã WikiAves até o mês de maio de 2024 (Wikiaves, 2024a), o que equivale a 47,7% das espécies registradas para o estado de São Paulo (811 espécies) (WikiAves, 2024b).

Dentre as áreas verdes urbanas, destacam-se os jardins botânicos, que são locais com predomínio de vegetação arbórea destinados ao cultivo, à manutenção e à conservação de espécies vegetais, nos quais é permitida a visitação pública com o intuito de aproximar as pessoas da flora (Queiroz et al., 2011; Souza et al., 2019). Assim, a criação do Jardim Botânico de Piracicaba (JBP) tem a finalidade de conservar a biodiversidade da flora regional, constituída especialmente pela Floresta Estacional Semidecidual, a qual compõe o bioma Mata Atlântica (Prefeitura do Município de Piracicaba, 2018).

As aves, reconhecidas como importantes agentes polinizadores e dispersores de sementes, são essenciais

quando o objetivo é a conservação e/ou a recuperação de uma área de floresta, uma vez que a interação fauna-flora é um dos processos que mantém a dinâmica de um ecossistema (Reis & Kageyama, 2003; E. Machado et al., 2006; C. Machado & Rocca, 2010; Pizo & Galetti, 2010; Silva et al., 2010).

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo principal realizar o levantamento da avifauna do JBP, Área I - Santa Rita, que se encontra em fase de implementação, bem como coletar dados que demonstrem o uso do local pelas aves na obtenção de recursos e algumas das interações que estabelecem. De posse dessas informações, buscamos responder à seguinte pergunta: quais espécies de aves presentes no local poderiam contribuir para a restauração e a conservação da Floresta Estacional Semidecidual?

MATERIAL E MÉTODOS

JARDIM BOTÂNICO DE PIRACICABA

O JBP, São Paulo, foi criado através do Decreto nº 17.377, de 26 de janeiro de 2018, e está atualmente vinculado à Secretaria Municipal de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente, anteriormente denominada Secretaria Municipal de Infraestrutura e Meio Ambiente de Piracicaba (SIMAP). Além do principal objetivo, que é a conservação da Floresta Estacional Semidecidual, outros, descritos no artigo 5º do decreto, dizem respeito à proteção da fauna silvestre local e aos interesses sociais, como a garantia de espaços para pesquisa, educação ambiental, cultura, lazer e turismo ecológico, atendendo à Resolução CONAMA nº 339/2003 (Prefeitura do Município de Piracicaba, 2018; CONAMA, 2003).

Três áreas preexistentes e com características e finalidades distintas foram estabelecidas para compor o JBP, para cumprir os objetivos propostos no Decreto nº 17.377; são elas: (1) Santa Rita, (2) Engenho Central e (3) Parque Natural de Santa Terezinha (Piracicaba, s.d.).

A área Santa Rita foi priorizada para o desenvolvimento das atividades de jardim botânico. Trata-se de uma Área de Preservação Permanente (APP) e que inclui, em suas adjacências, o viveiro municipal, que produz mudas para a arborização urbana e projetos de restauração ecológica. As outras duas áreas serão implantadas futuramente (Piracicaba, s.d.).

ÁREA DE ESTUDO

O levantamento da avifauna foi realizado na área situada ao redor da lagoa do Santa Rita, a qual se refere ao 'Sistema de Lazer 41 e Área de Proteção Permanente I' (22° 45' 24" S, 47° 35' 09" W), no bairro Santa Rita, com 226.351 m² (IPPLAP, 2017), incluindo o Viveiro Municipal de Mudas de Piracicaba. A lagoa, que ocupa mais de 1/3 da área, é um reservatório de água artificial, decorrente do represamento de um curso d'água perene (Juliana G. Gragnani, comunicação pessoal, 25 set. 2024). Tem aproximadamente 82 mil m² e cerca de 1.200 m de perímetro, medidos pelo *software* Google Earth (2024). Para efeito deste estudo, o local foi denominado 'Área I - Santa Rita' (Figura 1).



Figura 1. Jardim Botânico de Piracicaba, São Paulo, Área I - Santa Rita. A delimitação em amarelo refere-se ao Sistema de Lazer 41 e Área de Proteção Permanente I, conforme consta no memorial descritivo (IPPLAP, 2017). Fonte: modificado de Google Earth (2024).

Figure 1. Piracicaba Botanical Garden, SP, Santa Rita - Area I. The yellow delimitation refers to Leisure System 41 and Permanent Protection Area I, as stated in the descriptive memorial (IPPLAP, 2017). Source: modified from Google Earth (2024).

O local, cujo acesso esteve aberto durante toda a realização do trabalho, é frequentado principalmente por moradores do bairro e do entorno, que utilizam o espaço para caminhadas, prática de esportes, pescarias e outras atividades de lazer e cultura. Uma sede administrativa já foi construída e possui 100 m², contendo recepção, sala administrativa, copa e sanitários.

O levantamento das espécies vegetais da área já foi realizado, bem como a definição de estratégias com relação ao plantio de espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual e a remoção de determinadas espécies exóticas e/ou que possam causar riscos de queda e provocar acidentes (Souza et al., 2019).

COLETA DE DADOS

No mês de outubro de 2020, foi feito um reconhecimento da área a ser amostrada quando a sede administrativa estava sendo construída. O levantamento sistematizado (inventário) da avifauna foi realizado entre os meses de novembro de 2020 e março de 2023. Na primeira etapa do trabalho (novembro de 2020 a dezembro de 2021), as visitas ao local ocorreram semanalmente e, na segunda etapa (fevereiro de 2022 a março de 2023), mensalmente, preferencialmente no período da manhã (entre 7 h e 12 h), mas foram realizadas também observações no período da tarde (entre 16 h e 18 h) e apenas uma observação noturna (entre 18 h e 20 h). O esforço amostral diário foi de cerca de duas horas a cada visita ao local, totalizando 142 horas.

A coleta de dados foi realizada em percursos feitos no interior da mata e próximos à margem da lagoa, em toda a área delimitada no mapa (Figura 1) e, por vezes, percorrendo as ruas ao redor da área. As aves foram avistadas com ou sem o uso de binóculo (Zenith 8x30), fotografadas sempre que possível (Câmera Nikon digital 60x), e algumas tiveram suas vocalizações gravadas. A identificação, quando necessária, foi feita através de guias ornitológicos (Develey & Endrigo, 2011; Sigris, 2014) e através das plataformas digitais WikiAves (s.d.) e

eBird (s.d.), que disponibilizam imagens e registros sonoros. Posteriormente, foram agrupadas taxonomicamente e nomeadas cientificamente segundo a lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) (Pacheco et al., 2021).

Observações *ad libitum* (Altman, 1974) relacionadas ao comportamento de nidificação, entre outras referentes ao cuidado parental, foram registradas, quando possível, durante o inventário avifaunístico.

Posteriormente, foram feitas visitas ocasionais (até o final de 2023) e incluídos registros fortuitos, disponibilizados por alguns observadores de aves de Piracicaba, a fim de compor a riqueza total e de confirmar algumas espécies. Deste modo, foram considerados registros do entorno imediato, desde que distando até 500 m (aproximado) do perímetro da área de estudo, tendo em vista que as adjacências são compostas por paisagem urbana e as espécies encontradas em tais ambientes, em geral, apresentam grande potencial de deslocamento, podendo utilizar a área de estudo. Ainda, espécies que apenas sobrevoaram o local, no momento da amostragem, foram consideradas na riqueza, devido à utilização do espaço aéreo.

Foram indicadas as guildas tróficas conforme constam nos estudos realizados por Alexandrino et al. (2013, 2017); para algumas espécies que não constam da listagem dos autores citados, foram utilizadas informações disponibilizadas nas plataformas cidadãos eBird (s.d.) e WikiAves (s.d.). Também foram indicadas as aves de áreas úmidas (cf. Accordi, 2010), as espécies endêmicas ao bioma (cf. Vale et al., 2018), as espécies exóticas (cf. Sigrist, 2014) e as espécies migratórias (cf. Somenzari et al., 2018, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas, na Área I - Santa Rita, do JBP, 131 espécies de aves, pertencentes a 18 ordens e 41 famílias (Tabela 1), com predomínio das famílias Traupidae e Tyrannidae, com 16 e 15 espécies, respectivamente, corroborando resultados de outros estudos realizados em áreas urbanas no município (Alexandrino et al., 2013; Navega-Gonçalves

& Lima, 2020; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021) e em demais levantamentos de aves em ambientes urbanos de diferentes biomas do país. Essas famílias incluem espécies que denotam grande capacidade de adaptação a ambientes modificados, com alto grau de influência antrópica, mas que oferecem recursos para a sobrevivência dos indivíduos (Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021).

Duas espécies são endêmicas da Mata Atlântica: *Aramides saracura* e *Tachyphonus coronatus* (Vale et al., 2018). A primeira é encontrada em áreas alagadas, mas também ocupa trechos de mata desprovidos de água ou áreas abertas próximas usadas para alimentação (Sick, 1997; Taylor & Bonan, 2020; Wikiaves, 2024c). A segunda ocorre em áreas semiabertas, nas matas do Sul e Sudeste do Brasil (Hilty, 2020). Duas espécies são exóticas – *Passer domesticus* e *Estrilda astrild* (Sigrist, 2014) –, comumente encontradas em áreas urbanizadas.

Trinta e uma espécies (31) são aves de áreas úmidas, atraídas pela presença da lagoa no local (Tabela 1), das quais 28 foram indicadas por Accordi (2010). Incluímos *Bubulcus ibis*, *Syrigma sibilatrix* e *Cranioleuca vulpina* como espécies de áreas úmidas, com base em observações pessoais e em outras fontes. *Bubulcus ibis* e *S. sibilatrix* são aves que podem habitar áreas alagadas em busca de alimento ou locais para nidificar (Reitor, 2020; Telfair II, 2023), embora não seja um requisito necessário; assim como *C. vulpina*, cujo ninho é construído sobre a vegetação próxima às áreas alagadas (Sigrist, 2014; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021; Remsen Jr. & Kirwan, 2020).

Sabe-se que as aves de áreas úmidas são dependentes de áreas alagadas para obtenção de alimento, construção de ninhos, repouso ou pernoite (Accordi, 2010), entretanto há uma gradação no uso e na dependência desse tipo de ambiente por parte das aves, de maneira que populações de algumas espécies fazem uso desses espaços de forma oportuna, sendo atraídas pela disponibilidade local de alimento (peixes, anfíbios, moluscos, insetos entre outros) e/ou pela presença da vegetação ribeirinha, que oferece abrigo e sítio para nidificação.

Tabela 1. Lista de espécies de aves (cf. Pacheco et al., 2021) observadas na Área I - Santa Rita e entorno, no Jardim Botânico de Piracicaba (Piracicaba, São Paulo). Legendas: espécies de área úmida (AU); guilda trófica (GT) – CAR = carnívora, FRU = frugívora, GRA = granívora, INS = insetívora, NEC = nectarívora, PIS = piscívora, PIS/INS = piscívora/insetívora e ONI = onívora –; espécies potencialmente dispersoras de sementes (DS), segundo Silva et al. (2010), Athiê e Dias (2012), Athiê (2014) e D'Angelo (2021); espécies polinizadoras efetivas e potenciais (Po), segundo Buzato et al. (2012) e D'Angelo (2021): ¹ = espécies observadas sobrevoando; ² = espécies endêmicas da Mata Atlântica; ³ = espécies exóticas; ⁴ = espécies migratórias. (Continua)

Table 1. List of bird species (cf. Pacheco et al., 2021) observed in Santa Rita - Area I and its surroundings, Piracicaba Botanical Garden (Piracicaba, São Paulo). Wetland species (AU). Trophic guild (GT): CAR = carnivorous, FRU = frugivorous, GRA = granivorous, INS = insectivorous, NEC = nectarivorous, PIS = piscivorous, PIS/INS = piscivorous/insectivorous and ONI = onivorous. Potential seed dispersing species (DS), according to Silva et al. (2010), Athiê and Dias (2012), Athiê (2014) and D'Angelo (2021). Effective and potential pollinator species (Po), according to Buzato et al. (2012) and D'Angelo (2021). ¹ = Species observed flying over; ² = Species endemic to the Atlantic Forest; ³ = Exotic species; ⁴ = Migratory species. (Continue)

Táxon	Nome científico	Nome vernáculo	AU	GT	DS	Po
ANSERIFORMES						
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Marreca-cabocla	X	ONI		
	<i>Cairina moschata</i> (Linnaeus, 1758)	Pato-do-mato	X	ONI		
	<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789)	Marreca-ananai	X	ONI		
PODICIPEDIFORMES						
Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	Mergulhão-caçador	X	PIS/INS		
COLUMBIFORMES						
Columbidae	<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	Pomba-asa-branca		ONI		X
	<i>Leptotila verreauxi</i> Bonaparte, 1855	Juriti-pupu		ONI		
	<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	Avoante		GRA		
	<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	Rolinha-roxa		GRA		
	<i>Columbina squamata</i> (Lesson, 1831)	Rolinha-fogo-apagou		GRA		
CUCULIFORMES						
Cuculidae	<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	Anu-branco		INS		
	<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	Anu-preto		ONI		
	<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Alma-de-gato		INS		
NYCTIBIIFORMES						
Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	Urutau		INS		
APODIFORMES						
Apodidae	<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907 ⁴	Andorinhão-do-temporal		INS		
	<i>Tachornis squamata</i> (Cassin, 1853) ¹	Andorinhão-do-buriti		INS		
Trochilidae	<i>Phaethornis pretrei</i> (Lesson & Delattre, 1839)	Rabo-branco-acanelado		NEC		X
	<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817) ⁴	Beija-flor-de-veste-preta		NEC		X
	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	Besourinho-de-bico-vermelho		NEC		X
	<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	Beija-flor-tesoura		NEC		X
	<i>Chionomesa lactea</i> (Lesson, 1832)	Beija-flor-de-peito-azul		NEC		X
GRUIFORMES						
Aramidae	<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)	Carão	X	CAR		
Rallidae	<i>Aramides cajaneus</i> (Statius Muller, 1776)	Saracura-três-potes	X	INS		

Tabela 1 | Table 1.

(Continua) | (Continue)

Táxon	Nome científico	Nome vernáculo	AU	GT	DS	Po
Rallidae	<i>Aramides saracura</i> (Spix, 1825) ²	Saracura-do-mato	X	ONI		
	<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	Galinhã-d'água	X	ONI		
CHARADRIIFORMES						
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	Quero-quero	X	ONI		
Jacanidae	<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	Jaçanã	X	ONI		
SULIFORMES						
Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i> (Linnaeus, 1766)	Biguatinga	X	PIS		
Phalacrocoracidae	<i>Nannopterum brasilianum</i> (Gmelin, 1789)	Biguá	X	PIS		
PELECANIFORMES						
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Socó-dorminhoco	X	PIS		
	<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	Socozinho	X	PIS		
	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	Garça-vaqueira	X	INS		
	<i>Ardea cocoi</i> Linnaeus, 1766	Garça-moura	X	PIS		
	<i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758	Garça-branca-grande	X	PIS		
	<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	Maria-faceira	X	INS		
	<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	Garça-branca-pequena	X	PIS		
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i> (Gmelin, 1789)	Coró-coró	X	ONI		
	<i>Phimosus infuscatus</i> (Lichtenstein, 1823)	Tapicuru	X	ONI		
	<i>Theristicus caudatus</i> (Boddaert, 1783) ¹	Curicaca		ONI		
CATHARTIFORMES						
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	Urubu-preto		ONI		
ACCIPITRIFORMES						
Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i> Vigors, 1825	Gaviãozinho		CAR		
	<i>Elanus leucurus</i> (Vieillot, 1818)	Gavião-peneira		CAR		
	<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817)	Gavião-caramujeiro	X	CAR		
	<i>Ictinia plumbea</i> (Gmelin, 1788) ⁴	Sovi		INS		
	<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	Gavião-carijó		CAR		
STRIGIFORMES						
Strigidae	<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	Corujinha-do-mato		INS		
	<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	Coruja-buraqueira		CAR		
	<i>Asio clamator</i> (Vieillot, 1808)	Coruja-orelhuda		CAR		
CORACIIFORMES						
Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	Martim-pescador-grande	X	PIS		
	<i>Chloroceryle amazona</i> (Latham, 1790)	Martim-pescador-verde	X	PIS		
	<i>Chloroceryle americana</i> (Gmelin, 1788)	Martim-pescador-pequeno	X	PIS		
PICIFORMES						
Ramphastidae	<i>Ramphastos toco</i> Statius Muller, 1776	Tucanuçu		FRU		



Tabela 1 | Table 1.

(Continua) | (Continue)

Táxon	Nome científico	Nome vernáculo	AU	GT	DS	Po
Picidae	<i>Picumnus cirratus</i> Temminck, 1825	Picapauzinho-barrado		INS		
	<i>Picumnus albosquamatus</i> d'Orbigny, 1840	Picapauzinho-escamoso		INS		
	<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	Pica-pau-branco		INS		X
	<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	Pica-pau-pequeno		INS		
	<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	Pica-pau-de-banda-branca		INS		
	<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	Pica-pau-verde-barrado		INS		X
	<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	Pica-pau-do-campo		INS		
FALCONIFORMES						
Falconidae	<i>Caracara plancus</i> (Miller, 1777)	Carcará		ONI		
	<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	Carrapateiro		ONI		
	<i>Falco sparverius</i> Linnaeus, 1758	Quiriquiri		CAR		
	<i>Falco femoralis</i> Temminck, 1822	Falcão-de-coleira		CAR		
PSITTACIFORMES						
Psittacidae	<i>Brotogeris chiriri</i> (Vieillot, 1818)	Periquito-de-encontro-amarelo		FRU		X
	<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	Tuim		FRU		
	<i>Psittacara leucophthalmus</i> (Statius Muller, 1776)	Periquitão		ONI	X	X
PASSERIFORMES						
Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i> (Linnaeus, 1764)	Choca-barrada		INS		X
	<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	Choró-boi		INS		
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	Arapaçu-de-cerrado		INS		
Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	João-de-barro		INS		
	<i>Craniroleuca vulpina</i> (Pelzeln, 1856)	Arredio-do-rio	X	INS		
	<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	Curutié	X	INS		
	<i>Synallaxis spixi</i> Sclater, 1856	João-teneném		INS		
	<i>Synallaxis frontalis</i> Pelzeln, 1859	Petrim		INS		
Rhynchocyclidae	<i>Leptopogon amaurocephalus</i> Tschudi, 1846	Cabeçudo		INS		
	<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	Ferreirinho-relógio		INS		
Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	Risadinha		ONI		
	<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	Guaracava-de-barriga-amarela		INS	X	X
	<i>Elaenia spectabilis</i> Pelzeln, 1868 ⁴	Guaracava-grande		INS	X	X
	<i>Serpophaga subcristata</i> (Vieillot, 1817) ⁴	Alegrinho		INS		
	<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	Maria-cavaleira		INS		X
	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766) ⁴	Bem-te-vi		ONI	X	X
	<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	Suiriri-cavaleiro		INS		
	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776) ⁴	Bem-te-vi-rajado		INS	X	



Tabela 1 | Table 1.

(Continua) | (Continue)

Táxon	Nome científico	Nome vernáculo	AU	GT	DS	Po
Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	Neinei		ONI	X	
	<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	Bentevizinho-de-penacho-vermelho		INS	X	
	<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819 ⁴	Suiriri		INS	X	
	<i>Tyrannus savana</i> Daudin, 1802 ⁴	Tesourinha		INS		
	<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818) ⁴	Peitica		INS	X	
	<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	Lavadeira-mascarada	X	INS		
	<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783) ⁴	Príncipe		INS		
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	Pitiguari		INS		
Corvidae	<i>Cyanocorax cristatellus</i> (Temminck, 1823)	Gralha-do-campo		ONI	X	X
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	Andorinha-pequena-de-casa		INS		
	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817) ⁴	Andorinha-serradora	X	INS		
	<i>Progne tapera</i> (Linnaeus, 1766) ⁴	Andorinha-do-campo		INS		
	<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789) ⁴	Andorinha-grande		INS		
	<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert, 1783)	Andorinha-do-rio	X	INS		
Troglodytidae	<i>Troglodytes musculus</i> Naumann, 1823	Corruíra-de-casa		INS		
Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	Sabiá-barranco		INS	X	X
	<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850 ⁴	Sabiá-poca		FRU	X	X
Mimidae	<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	Sabiá-do-campo		INS	X	X
Estrildidae	<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758) ³	Bico-de-lacre		GRA		
Passeridae	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758) ³	Pardal		ONI		
Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i> (Vieillot, 1805)	Pintassilgo		GRA		
	<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	Fim-fim		FRU	X	X
	<i>Euphonia violacea</i> (Linnaeus, 1758)	Gaturamo-verdadeiro		FRU		X
Passerellidae	<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	Tico-tico-do-campo		GRA		
	<i>Arremon flavirostris</i> Swainson, 1838	Tico-tico-de-bico-amarelo		GRA		
	<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	Tico-tico		GRA	X	
Icteridae	<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819)	Encontro		INS		X
	<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	Chupim		INS		X
	<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	Garibaldi	X	GRA		
Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	Pia-cobra		INS		
	<i>Setophaga pitaiyumi</i> (Vieillot, 1817)	Mariquita		INS		
	<i>Myiothlypis flaveola</i> Baird, 1865	Canário-do-mato		INS		
Thraupidae	<i>Nemosia pileata</i> (Boddaert, 1783)	Saíra-de-chapéu-preto		INS	X	X
	<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811) ⁴	Saí-andorinha		FRU	X	
	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	Cambacica		NEC	X	X
	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Tiziu		GRA		



Tabela 1 | Table 1. (Conclusão) | (Conclusion)

Táxon	Nome científico	Nome vernáculo	AU	GT	DS	Po
Thraupidae	<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822) ²	Tiê-preto		ONI	X	X
	<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764)	Pipira-vermelha		FRU	X	X
	<i>Sporophila lineola</i> (Linnaeus, 1758) ⁴	Bigodinho		GRA		
	<i>Sporophila caeruleascens</i> (Vieillot, 1823) ⁴	Coleirinho		GRA		
	<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Saí-canário		INS		
	<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	Figuinha-de-rabo-castanho		FRU		X
	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	Canário-da-terra		GRA		
	<i>Sicalis luteola</i> (Sparman, 1789)	Tipio		GRA		
	<i>Paroaria dominicana</i> (Linnaeus, 1758)	Cardeal-do-nordeste		GRA		X
	<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	Sanhaçu-cinzeno		ONI	X	X
	<i>Thraupis palmarum</i> (Wied, 1821)	Sanhaço-do-coqueiro		ONI	X	X
	<i>Stilpnia cayana</i> (Linnaeus, 1766)	Saíra-amarela		FRU	X	X
	Total de 131 espécies		31		23	32

A lagoa é o elemento principal que compõe a paisagem do JBP Área I - Santa Rita, devido à sua dimensão, que equivale a mais de 1/3 da área. Embora situada em local urbano, apresenta papel importante para a manutenção e a sobrevivência da avifauna da região, além de conferir ao local beleza cênica, em conjunto com a vegetação (Figura 2). Porém, interferências antrópicas, tais como despejo de lixo e esgoto, linhas de pesca deixadas na margem e dentro do lago, atividades recreativas e esportivas sem critério, podem colocar em risco a vida das aves, principalmente de ninhegos e jovens, que ainda dependem do ninho e dos adultos para o cuidado.

A frequência relativa da riqueza de aves registradas quanto às guildas tróficas está representada na Figura 3.

Houve predomínio de espécies insetívoras (42%) e onívoras (19,1%), resultado esperado em levantamentos de aves de áreas urbanas e periurbanas, tal como verificado em outros estudos realizados na região (Alexandrino et al., 2013; Navega-Gonçalves & Lima, 2020; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021) e em demais áreas amostradas (Franchin & Marçal Júnior, 2004; Franco & Prado, 2012; Favretto, 2015; Düpont et al., 2017; Barbosa et al., 2019).

A maior ocorrência de espécies insetívoras pode ser explicada pela disponibilidade e abundância de insetos durante o ano todo, enquanto as espécies onívoras



Figura 2. Imagem panorâmica de parte da Lagoa do Santa Rita e da vegetação do entorno. Foto: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2023).

Figure 2. Panoramic image of part of Santa Rita Lagoon and the surrounding vegetation. Photo: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2023).

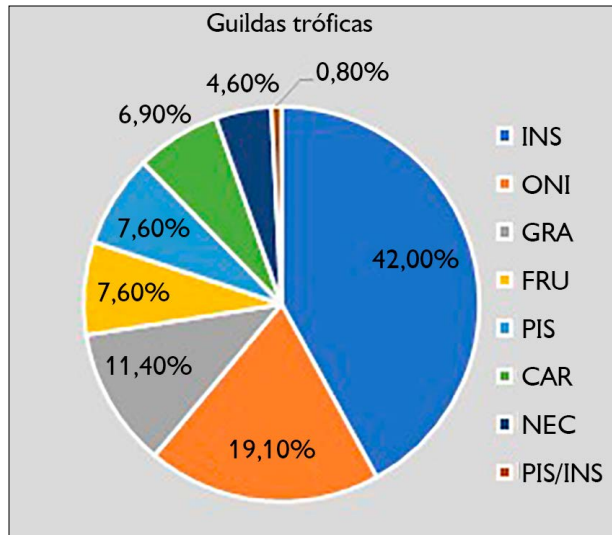


Figura 3. Distribuição da avifauna (131 espécies) da Área I - Santa Rita, Jardim Botânico de Piracicaba, São Paulo, conforme a guilda trófica: INS = insetívora, ONI = onívora, GRA = granívora, FRU = frugívora, PIS = piscívora, CAR = carnívora, NEC = nectarívora, PIS/INS = piscívora/insetívora.

Figure 3. Distribution of the avifauna (131 species) of Santa Rita Area I, Piracicaba Botanical Garden, São Paulo, according to trophic guild: INS = insectivore, ONI = omnivore, GRA = granivore, FRU = frugivore, PIS = piscivore, CAR = carnivore, NEC = nectarivore, PIS/INS = piscivore/insectivore.

seriam beneficiadas pela maior variedade de alimento, sendo favorecidas em matas fragmentadas e cobertas por vegetação secundária e exótica (Willis, 1979; Telino-Júnior et al., 2005; A. Scherer et al., 2005; J. Scherer et al., 2010; Franco & Prado, 2012).

As espécies granívoras (11,4%) são atraídas por extensas áreas cobertas por gramíneas no local que, em época de frutificação, favorece bandos de *Estrilda astrild*, *Spinus magellanicus*, *Chrysomus ruficapillus*, *Volatinia jacarina*, *Sporophila lineola*, *Sicalis flaveola*, *S. luteola*, *Paroaria dominicana* e *Columbina talpacoti*, que foram observados se alimentando das sementes. A fragmentação da mata e o consequente aumento da área de borda favorecem os granívoros, uma vez que utilizam essas áreas para forrageio (Anjos, 1998). Por outro lado, essas aves podem ser afetadas pelo serviço de controle e corte de gramíneas realizado em áreas urbanas, pois as impede de se desenvolver até a produção das sementes.

Assim, a presença de aves granívoras no local pode variar, ao longo do ano, de acordo com a manutenção das gramíneas.

Poucas espécies (7,6%) predominantemente frugívoras foram observadas neste estudo e o mesmo resultado é encontrado em outras áreas antropizadas amostradas (Franchin & Marçal Júnior, 2004; Alexandrino et al., 2013; Favretto, 2015; Düpont et al., 2017; Navega-Gonçalves & Lima, 2020; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021). Segundo Willis (1979), o número de aves frugívoras, principalmente de grande porte, tende a diminuir em fragmentos florestais pequenos e degradados, no entanto aquelas que ocupam tais ambientes possuem grande capacidade de se deslocar na busca por alimento entre fragmentos não muito distantes entre si. Desse modo, agem como dispersoras de sementes ao transportá-las para outras áreas, mantendo suas funções ecológicas mesmo nos ambientes urbanos (D'Angelo & Sazima, 2019).

São várias as espécies de aves, no Brasil, que se alimentam de frutos (ainda que não exclusivamente) e que frequentam áreas degradadas, podendo, desse modo, contribuir para a restauração florestal, segundo Silva et al. (2010). Dezoito espécies e um gênero (*Elaenia* spp.) são apontados por esses autores como mais importantes em relação ao consumo de frutos em áreas degradadas do Sul e Sudeste do Brasil, devido ao número de visitas às plantas e à quantidade de frutos removidos, sem maceração. Dessas, 12 espécies identificadas em nosso estudo estão entre aquelas indicadas pelos autores, entre as quais *Zonotrichia capensis*, um pássaro granívoro (Tabela 1).

Em um trabalho mais recente, realizado no Parque Ecológico Prof. Hermógenes Freitas Leitão Filho, na região urbana de Campinas, São Paulo, 17 espécies de aves foram consideradas como potencialmente dispersoras de sementes, com base na categoria de consumo e manuseio do fruto (D'Angelo, 2021). Dezesesseis delas, incluindo seis espécies não listadas por Silva et al. (2010), foram registradas em nosso estudo (Tabela 1).

Outras espécies de aves frugívoras, observadas em nosso estudo, podem ser importantes na dispersão de sementes, como *Ramphocelus carbo*, que é citada por Athiê (2014) como sendo a ave com o maior número de frutos consumidos em uma área de Floresta Estacional Semidecidual no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo, seguida por *Stelpnia cayana* e *Thraupis sayaca*. Em outro estudo, também em área de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Rio Claro, São Paulo, *T. sayaca*, *Dacnis cayana*, *S. cayana* e *R. carbo* foram as espécies que tiveram o maior número de frutos consumidos e de interações com espécies de plantas identificadas como ornitocóricas (Athiê & Dias, 2012). Embora *D. cayana* não tenha sido observada durante as visitas em nosso levantamento, a espécie foi avistada em outras áreas amostradas no município (cf. Alexandrino et al., 2013; Navega-Gonçalves & Trevisan, 2021).

Além das espécies citadas, *Mimus saturninus*, *Nemosia pileata*, *Tersina viridis* e *Coereba flaveola* apresentaram número expressivo de frutos consumidos e visitas às plantas (Athiê & Dias, 2012; Athiê, 2014), portanto foram incluídas neste estudo como tendo potencial para dispersão de sementes, com a ressalva de que estudos sobre frugivoria por aves, no local, seriam importantes para corroborar essa proposição.

A importância dos sabiás (*Turdus* spp.), principalmente *T. leucomelas*, além de *Traupis sayaca*, para a dispersão de sementes também foi destacada (Pizo, 2004, 2007; Athiê, 2014; D'Angelo, 2021). O alto potencial dispersor de sementes dos sabiás deve-se, além do consumo de frutos, à sua abundância e à capacidade de ocupar áreas abertas, promovendo o movimento de sementes entre os diferentes fragmentos florestais que visitam (Gasperin & Pizo, 2009).

Ramphastos toco, *Brotogeris chiriri*, *Forpus xanthopterygius*, *Euphonia violacea* e *Conirostrum speciosum*, embora sejam espécies frugívoras, não foram consideradas nos estudos citados como sendo potencialmente dispersoras de sementes. *Brotogeris chiriri*

e *F. xanthopterygius* são espécies predadoras de sementes, quebrando e macerando o fruto antes de ingeri-lo (Athiê & Dias, 2012; Athiê, 2014). *Ramphastos toco* apresentou baixa contribuição para o número de visitas às plantas e consumo de frutos nas áreas da Mata Atlântica estudadas (Pizo, 2007), embora possa ser importante dispersor de sementes em outras localidades (Pizo & Galetti, 2010). O mesmo pode ocorrer para *E. violacea* e *C. speciosum*, cujos indivíduos não foram observados se alimentando de frutos, ou apresentaram consumo inexpressivo (Athiê & Dias, 2012).

Seis espécies de aves nectarívoras (4,6%) foram identificadas neste estudo (Tabela 1), entre as quais cinco são beija-flores (Trochilidae), aves de maior importância na polinização, uma vez que possuem especializações para forragear néctar (Sick, 1997). *Coereba flaveola* (Traupidae), embora seja apontada como pilhadora de néctar, atua também como polinizadora, uma vez que seu bico fica impregnado de pólen (Sazima & Sazima, 1999; Lima & Navega-Gonçalves, 2022; D'Angelo, 2021).

Além das aves nectarívoras acima mencionadas, outras 26 espécies que constam neste levantamento estão entre as aves listadas por Buzato et al. (2012) e D'Angelo (2021) como sendo visitantes florais em áreas de Floresta Atlântica, e podem atuar como polinizadoras efetivas ou potenciais de várias espécies vegetais (Tabela 1).

Assim, um total de 23 espécies identificadas no presente estudo tem potencial para a dispersão de sementes, enquanto 32 espécies podem atuar como polinizadoras efetivas ou potenciais e, dentre essas, 16 podem desempenhar ambas as funções, considerando-se os referidos estudos (Tabela 1).

Entre as aves identificadas no jardim botânico, algumas foram observadas em praticamente todas as visitas ao longo dos anos, como *Patagioenas picazuro*, *Columbina talpacoti*, *Eupetomena macroura*, *Vanellus chilensis*, *Butorides striata*, *Ardea alba*, *Athene cunicularia*, *Brotogeris chiriri*, *Furnarius rufus*, *Elaenia flavogaster*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus melancholicus*, *Fluvicola nengeta*,

Troglodytes musculus, *Turdus leucomelas*, *Mimus saturninus*, *Molothrus bonariensis*, *Chrysomus ruficapillus* e *Thraupis sayaca*, a maioria das quais foi vista forrageando.

Algumas espécies de aves possuem comportamento migratório, ou seja, realizam movimentos cíclicos e sazonais ligados aos seus sítios de reprodução, podendo ser parcialmente migratórias quando apenas parte de sua população se desloca, enquanto parte permanece residente (Somenzari et al., 2018). Dezoito espécies registradas nesse estudo apresentam *status* migratório, segundo Somenzari et al. (2018, 2022), entre as quais 17 são migrantes parciais e apenas *Chaetura meridionalis* é migratória (Tabela 1). Algumas espécies como *Pitangus sulphuratus* e *Tyrannus melancholicus*, arroladas como migrantes parciais pelos autores citados, foram avistadas durante o ano todo, o que sugere que suas populações sejam residentes no local. Outras, como *Pyrocephalus rubinus*, observada apenas no período do outono/inverno, e *Tyrannus savana*, avistada na primavera/verão, são exemplos de espécies que se utilizam da área apenas em determinadas épocas do ano. Assim, estudos que visem conhecer o uso do espaço pelas aves em diferentes épocas do ano, seja para obtenção de alimento,

nidificação, abrigo ou descanso, bem como compreender seus padrões de deslocamento, podem ser aliados no planejamento de conservação da área.

Dezessete espécies foram observadas exibindo cuidado parental, seja construindo ninho, chocando os ovos, alimentando os ninhegos/filhotes ou protegendo-os, o que evidencia o uso da área como *habitat* e demonstra outras interações no ambiente, além da busca por recursos alimentares ou por refúgio. Tais comportamentos e outros eventos estão descritos de forma sucinta na Tabela 2 e os mais relevantes são discutidos abaixo.

O primeiro registro de *Athene cunicularia* foi feito em novembro de 2020, no início do trabalho. Macho e fêmea adultos com quatro filhotes foram avistados nas proximidades do ninho camuflado em uma área gramada do jardim botânico. Desde então, passamos a observá-los, à distância, a cada visita ao local. Sempre que nos aproximávamos da área, um dos adultos permanecia em alerta, próximo ao ninho, e, por vezes, um ou outro filhote se escondia. No entanto, em julho de 2021, um incêndio destruiu toda a área usada como território pelas corujas, expondo o ninho, e apenas dois indivíduos foram observados logo após o incêndio (Figura 4).

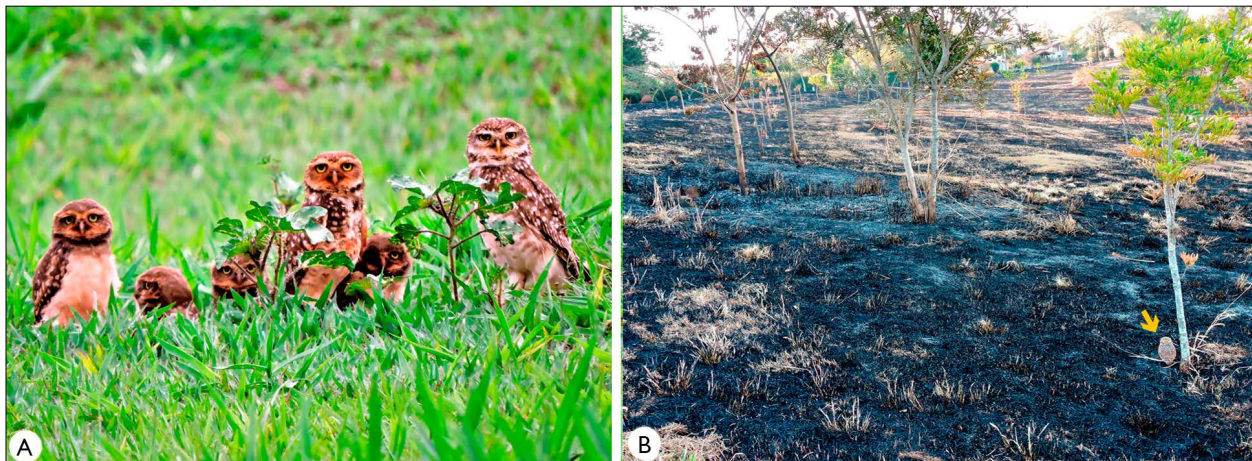


Figura 4. A) Corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) próximas ao ninho na área gramada do Jardim Botânico (Área I - Santa Rita); B) área devastada após o incêndio, onde uma das corujas foi avistada (indicada na seta). Fotos: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2020, 2021).

Figure 4. A) Burrowing owls (*Athene cunicularia*) near their nest in the grassy area of the Piracicaba Botanical Garden (Santa Rita Area I); B) Devasted area after the fire, where one of the owls was spotted (indicated by the arrow). Photos: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2020, 2021).

Tabela 2. Registros de comportamentos relacionados ao cuidado parental exibidos pelas aves na Área I - Santa Rita, Jardim Botânico de Piracicaba, São Paulo. Legenda: * = refere-se ao primeiro registro obtido.

Table 2. Records of behaviors related to parental care exhibited by birds in Santa Rita Area I, Piracicaba Botanical Garden, SP. * = Refers to the first record obtained.

Espécie	Comportamento registrado	Mês/Ano*
<i>Eupetomena macroura</i>	Adulto alimentando filhote	dez./2020
<i>Gallinula galeata</i>	Adulto cuidando de filhotes/jovens	dez./2022
<i>Athene cunicularia</i>	Adultos (fêmea e macho) junto aos filhotes/jovens ao redor do ninho no gramado ou vigiando a área	nov./2020
<i>Colaptes melanochloros</i>	Adulto (macho) construindo ninho (cavidade em tronco de árvore)	ago./2022
<i>Milvago chimachima</i>	Adultos em sobrevoos, vocalizando e transportando material para o ninho	fev./2023
<i>Forpus xanthopterygius</i>	Adulto (macho) alimentando o filhote	mar./2021
<i>Cranioleuca vulpina</i>	Ninho (provavelmente abandonado) contendo plástico	dez./2020
<i>Cranioleuca vulpina</i>	Adultos ao redor do ninho construído em arbusto à beira do lago	ago./2022
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	Ninho construído em meio à vegetação de borda de lago	nov./2020
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	Adulto construindo ninho na vegetação de borda de lago	fev./2021
<i>Todirostrum cinereum</i>	Ninho construído pendurado em galho de árvore	jan./2021
<i>Elaenia flavogaster</i>	Adulto chocando no ninho apoiado em forquilha de árvore	nov./2020
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Adulto transportando material para a construção de ninho no alto de uma árvore	ago./2022
<i>Myiozetetes similis</i>	Ninho construído em meio a galhos no alto de uma árvore	out./2022
<i>Fluvicola nengeta</i>	Adulto dentro do ninho construído em arbusto na beira do lago e levando alimento para dentro do ninho	fev./2021
<i>Fluvicola nengeta</i>	Adulto nas proximidades de um outro ninho construído em arbusto na beira do lago	mar./2021
<i>Troglodytes musculus</i>	Adulto em cavidade (ninho) feita por <i>Colaptes melanochloros</i> em tronco de árvore	ago./2022
<i>Turdus leucomelas</i>	Ninho construído em forquilha de árvore contendo um ovo e um ninhego. Adulto vigiando o ninho e levando alimento para o ninhego	dez./2020
<i>Turdus leucomelas</i>	Adulto alimentando filhote de <i>Molothrus bonariensis</i>	dez./2020
<i>Turdus leucomelas</i>	Adulto chocando no ninho apoiado entre galhos de árvore	dez./2022
<i>Chrysomus ruficapillus</i>	Adulto (macho) recolhendo e transportando material para o ninho construído em arbusto na beira do lago, onde a fêmea se encontrava	dez./2020
<i>Chrysomus ruficapillus</i>	Adulto (macho) recolhendo material e levando para o ninho em construção, no alto de uma árvore presente no calçamento da avenida principal que dá acesso ao jardim botânico. O ninho continha material plástico (pedaços de saco de lixo preto)	nov./2022
<i>Ramphocelus carbo</i>	Adulto (macho) no ninho no alto de uma árvore	dez./2020
Total: 17 espécies	Total de eventos: 23	



Figura 5. A) *Chrysomus ruficapillus*; B) *Colaptes melanochloros*; C) *Fluvicola nengeta*; D) *Turdus leucomelas*; E) *Cranioleuca vulpina*; F) ninho de *C. vulpina* contendo plástico (indicado nas setas). Fotos: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2020 a 2022).

Figure 5. A) *Chrysomus ruficapillus*; B) *Colaptes melanochloros*; C) *Fluvicola nengeta*; D) *Turdus leucomelas*; E) *Cranioleuca vulpina*; F) *C. vulpina* nest containing plastic (indicated by arrows). Fotos: Maria Eliana C. Navega-Gonçalves (2020 to 2022).

Algumas espécies foram vistas recolhendo material do ambiente e/ou transportando para o ninho em construção (*Milvago chimachima*, *Certhiaxis cinnamomeus*, *Pitangus sulphuratus* e *Chrysomus ruficapillus*) ou, ainda, realizando a construção do mesmo (*Colaptes melanochloros*). Outras (*Cranioleuca vulpina*, *Elaenia flavogaster*, *Fluvicola nengeta*, *Turdus leucomelas* e *Ramphocelus carbo*) foram observadas chocando os ovos ou protegendo o ninho/ninhego (Figuras 5A-5E). Um ninho de *C. vulpina* continha pedaços de sacola plástica (Figura 5F) e em um ninho em construção por *C. ruficapillus* foram observados pedaços de saco de lixo preto; este último estava localizado no alto de uma árvore à beira do lago e próximo à avenida principal que dá acesso ao jardim botânico. Esse local é comumente frequentado por pescadores e outros visitantes que, muitas vezes, deixam lixo depositado no lugar. O plástico é um dos materiais antropogênicos mais comuns encontrados em ninhos de aves e sua presença tem sido relatada em alguns estudos com aves no Brasil (Cristofoli & Sander, 2007; Cristofoli et al., 2008; Tomaz et al., 2009; A. L. Scherer et al., 2012; Batisteli et al., 2019; Navega-Gonçalves, 2021; Lima & Navega-Gonçalves, 2022).

Em outras áreas do jardim botânico também foi encontrado lixo espalhado, além de vestígios de fogueiras e de acampamentos. Tais situações contribuem para a degradação da área e afetam a sobrevivência das aves e de outros animais silvestres que habitam o local.

Além das estratégias estabelecidas para a área, no que diz respeito ao plantio de espécies nativas das florestas estacionais e outras de interesse da comunidade, o planejamento de ações para o uso dos espaços no JBP – Área I - Santa Rita deve conciliar a conservação das espécies e as atividades de lazer requeridas pela comunidade, além de incluir projetos para educação ambiental (Souza et al., 2019), as quais são uma valiosa ferramenta para a conservação da área, como a observação de aves (*birdwatching*), uma vez que o local demonstra potencial para esse tipo de atividade (Navega-Gonçalves, 2022).

Por fim, o jardim botânico demanda medidas de proteção e manejo de seus espaços, que estão sujeitos a fortes pressões antrópicas. Entre essas medidas está o cercamento da área, com o intuito de coibir os acampamentos, as fogueiras e a entrada de veículos automotores nos espaços internos, além de ações de recolhimento do lixo que tem se acumulado, principalmente, nas margens do lago.

CONCLUSÃO

O JBP Área I - Santa Rita apresenta uma riqueza de aves que equivale a cerca de 34% das espécies registradas para o município, o que denota sua importância como *habitat*, área de refúgio e/ou descanso para a avifauna, atraída pela disponibilidade de recursos para forrageamento e nidificação, em meio à malha urbana. Entre as espécies identificadas, duas são endêmicas da Mata Atlântica e 39 podem contribuir para a restauração e a conservação da Floresta Estacional, objetivo principal da criação do JBP, atuando como dispersoras de sementes, polinizadoras ou ambas. A área, que está sujeita a fortes pressões antrópicas, requer medidas de proteção e manejo de seus espaços, e o monitoramento continuado da avifauna pode ser uma ferramenta importante neste processo, acompanhando a implementação das medidas para o funcionamento desta primeira área (Santa Rita) integrante do JBP.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a J. G. Gragnani e M. Curi, da antiga Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente de Piracicaba (SIMAP), a C. Rossin, responsável pelo Viveiro Municipal de Piracicaba, e a E. S. N. Salles, pelo apoio e pela participação nas visitas iniciais para o levantamento da avifauna na área. O trabalho contou também com a colaboração do ornitólogo F. I. Godoy e de outros membros do Grupo de Estudos e Observação de Aves de Piracicaba (GEOP), que forneceram registros de espécies observadas na área. As imagens foram editadas por C. Navega e T. Carvalho. Agradecemos também aos revisores, pelas valiosas contribuições.

REFERÊNCIAS

- Accordi, I. A. (2010). Pesquisa e conservação de aves em áreas úmidas. In S. V. Matter, F. C. Straube, I. A. Accordi, V. Q. Piacentini, & J. F. Cândido Jr. (Orgs.), *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento* (pp. 191-216). Technical Books.
- Alexandrino, E. R., Bovo, A. A. A., Luz, D. T. A., Costa, J. C., Betini, G. S., Ferraz, K. M. P. M. B., & Couto, H. T. Z. (2013). Aves do campus "Luiz de Queiroz" (Piracicaba, SP) da Universidade de São Paulo: mais de 10 anos de observações neste ambiente antrópico. *Atualidades Ornitológicas On-line*, (173), 40-52.
- Alexandrino, E. R., Buechley, E. R., Karr, J. R., Ferraz, K. M. P. M. B., Ferraz, S. F. B., Couto, H. T. Z., & Şekerciöğlu, Ç. H. (2017). Bird based Index of Biotic Integrity: assessing the ecological condition of Atlantic Forest patches in human-modified landscape. *Ecological Indicators*, 73, 662-675. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.023>
- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3-4), 227-267. <https://www.jstor.org/stable/4533591>
- Anjos, L. (1998). Consequências biológicas da fragmentação no norte do Paraná. *Série Técnica IPEF*, 12(32), 87-94.
- Athiê, S., & Dias, M. M. (2012). Frugivoria por aves em um mosaico de Floresta Estacional Semidecidual e reflorestamento misto em Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1), 84-93. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100010>
- Athiê, S. (2014). *Composição da avifauna, frugivoria e dispersão de sementes por aves em áreas de floresta estacional semidecidual e cerrado, no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo* [Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional UFSCar. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1843>
- Barbosa, B. C., Maciel, T. T., Manhães, M. A., & Prezoto, F. (2019). Aves do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 20(2), 1-15. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2019.V20.27419>
- Batisteli, A. F., Guilherme-Ferreira, R., & Sarmento, H. (2019). Abundance and prevalence of plastic twine in nests of Neotropical farmland birds. *The Wilson Journal of Ornithology*, 131(1), 201-205. <https://doi.org/10.1676/18-24>
- Buzato, S., Giannini, T. C., Machado, I. C., Sazima, M., & Sazima, I. (2012). Polinizadores vertebrados: uma visão geral para as espécies brasileiras. In V. L. Imperatriz-Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Alves, & A. M. Saraiva (Orgs.), *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais* (pp. 119-141). Editora da Universidade de São Paulo. <https://www.livrosabertos.edusp.usp.br/edusp/catalog/book/8>
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2003). *Resolução nº 339, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre a criação e o funcionamento de jardins botânicos e dá outras providências*. Ministério do Meio Ambiente. <https://jb.ibict.br/handle/1/554>
- Cristofoli, S. I., & Sander, M. (2007). Composição do ninho de corruíra: *Troglodytes musculus* Naumann, 1823 (Passeriformes: Troglodytidae). *Biodiversidade Pampeana*, 5(2), 6-8. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/biodiversidadepampeana/article/view/2628>
- Cristofoli, S. I., Santos C. R., Garcia, A. S., & Sander, M. (2008). Composição do ninho de Cambacica: *Coereba flaveola* Linnaeus 1758 (Aves: Emberizidae). *Biodiversidade Pampeana*, 6(1), 30-33. <https://revistaseletronicas.pucrs.br/biodiversidadepampeana/article/view/3840>
- D'Angelo, G. B., & Sazima, I. (2019). *Voando por aí: a história natural das aves em um parque ecológico, na área urbana de Campinas, sudeste do Brasil*. Editora Ponto A.
- D'Angelo, G. B. (2021). *História natural das relações alimentares de aves com plantas em um parque urbano no Sudeste do Brasil* [Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas]. <https://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/1257620>
- Develey, P. F., & Endrigo, E. (2011). *Guia de campo: aves da grande São Paulo* (2ª ed.). Aves & Fotos Editora.
- Düpont, A., Mohr, A. R., & Alcayaga, E. A. L. (2017). Avifauna do campus da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. *Caderno de Pesquisa*, 29(1), 9-18. <http://dx.doi.org/10.17058/cp.v29i1.11153>
- eBird. (s.d.). eBird – Observações de aves por ciência cidadã. <https://ebird.org/home>
- Favretto, M. A. (2015). Comparação entre a avifauna de três remanescentes florestais urbanos e um parque natural no sul do Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 185, 33-39.
- Fontana, C. S., Burger, M. I., & Magnusson, W. E. (2011). Bird diversity in a subtropical south-american city: effects of noise levels, arborisation and human population density. *Urban Ecosystem*, 14, 341-360. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0156-9>
- Franchin, A. G., & Marçal Júnior, O. (2004). A riqueza da avifauna no Parque Municipal do Sabiá, zona urbana de Uberlândia (MG). *Biotemas*, 17(1), 179-202. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/23276>
- Franco, A. N., & Prado, A. D. (2012). Levantamento preliminar da avifauna do campus de Porto Nacional da Universidade Federal do Tocantins. *Atualidades Ornitológicas*, 166, 39-44.

- Gasperin, G., & Pizo, M. A. (2009). Frugivory and habitat use by thrushes (*Turdus* spp.) in a suburban area in south Brazil. *Urban Ecosyst*, 12(4), 425-436. <https://doi.org/10.1007/s11252-009-0090-2>
- Google Earth. (2024). <https://earth.google.com/web/>
- Hilty, S. (2020). Ruby-crowned tanager (*Tachyphonus coronatus*), versão 1.0. In J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, & E. Juana (Eds.), *Birds of the World*. The Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.ructan1.01>
- Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP). (2017, dez. 12). *Memorial descritivo. Delimitação da área de implantação do Jardim Botânico de Piracicaba (Sistema de Lazer 41 e Área de Proteção Permanente I - Loteamento Santa Rita)*. IPPLAP.
- Lima, V. G., & Navega-Gonçalves, M. E. C. (2022). Registros sobre o uso de recursos pela avifauna no campus Taquaral da Universidade Metodista de Piracicaba, SP, Brasil. *Natureza Online*, 20(1), 11-26. <https://www.naturezonline.com.br/revista/article/view/10>
- Machado, E. L. M., Gonzaga, A. P. D., Macedo, R. L. G., Venturin, N., & Gomes, J. E. (2006). Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 4(7), 1-19. http://www.faeF.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/wyklciPrb08ARS5_2013-4-25-17-36-9.pdf
- Machado, C. G., & Rocca, M. A. (2010). Protocolos para estudo de polinização por aves. In S. V. Matter, F. C. Straube, I. A. Accordi, V. Q. Piacentini, & J. F. Cândido Jr. (Orgs.), *Omitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento* (pp. 473-489). Technical Books.
- Navega-Gonçalves, M. E. C., & Lima, V. G. (2020). Avifauna do campus Taquaral da Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo e uso do habitat. *Atualidades Ornitológicas*, 215, 33-46.
- Navega-Gonçalves, M. E. C. (2021). Notas sobre a nidificação da galinha-d'água, *Gallinula galeata* (Lichtenstein, 1818) (Gruiformes, Rallidae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 16(1), 145-155. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i1.442>
- Navega-Gonçalves, M. E. C., & Trevisan, L. C. (2021). Avifauna do Parque da Rua do Porto, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Bioterra*, 21(2), 33-51. <https://pt.slideshare.net/revistabioterra/artigo-bioterra-v21n205>
- Navega-Gonçalves, M. E. C. (2022). A avifauna do Parque da Rua do Porto e seu potencial para o turismo de observação de aves (birdwatching). *Revista Brasileira de Ecoturismo*, 15(3), 434-455. <https://doi.org/10.34024/rbecotur.2022.v15.13530>
- Negri, D., Desmonts, F., & Longo, L. (2009). *Nosso rio, nossas aves: as margens do Piracicaba*. Editora Senac.
- Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., Brito, G. R. R., Cohn-Haft, M., Maurício, G. N., Naka, L. N., Olmos, F., Posso, S., Lees, A. C., Figueiredo, L. F. A., Carrano, E., Guedes, R. C., Cesari, E., Franz, I., Schunck, F., & Piacentini, V. Q. (2021). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee (2ª ed.). *Ornithology Research*, 29(2), 94-105. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>
- Piracicaba. Prefeitura do Município de Piracicaba (s.d.). *Jardim Botânico – Educação Ambiental*. <https://piracicaba.sp.gov.br/servicos/jardim-botanico-educacao-ambiental/>
- Pizo, M. A. (2004). Frugivory and habitat use by fruit-eating birds in a fragmented landscape in southeast Brazil. *Ornitologia Neotropical*, 15(Suppl.), 117-126.
- Pizo, M. A. (2007). Frugivory by birds in degraded areas of Brazil. In A. J. Dennis, E. W. Schupp, R. J. Green, & D. W. Westcott (Eds.), *Seed dispersal: theory and its application in a changing world* (pp. 615-627). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845931650.0615>
- Pizo, M. A., & Galetti, M. (2010). Métodos e perspectivas do estudo da frugivoria e dispersão de sementes por aves. In S. V. Matter, F. C. Straube, I. A. Accordi, V. Q. Piacentini, & J. F. Cândido Jr. (Orgs.), *Omitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento* (pp. 493-503). Technical Books.
- Prefeitura do Município de Piracicaba. (2018). Decreto nº 17.377, de 26 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a criação do Jardim Botânico de Piracicaba e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. <https://www.legislacaodigital.com.br/Piracicaba-SP/DecretosMunicipais/17377/Arquivos/1>
- Queiroz, R. M., Teixeira, H. B., Veloso, A. S., Terán, A. F., & Queiroz, A. G. (2011). A caracterização dos espaços não-formais de educação científica para o ensino de ciências. *Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 4(7), 12-23. <https://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/20>
- Reis, A., & Kageyama, P. Y. (2003). Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In P. Y. Kageyama, R. E. Oliveira, L. F. D. Moraes, V. L. Engel & F. B. Gandara (Orgs.), *Restauração ecológica de ecossistemas naturais* (pp. 91-110). FEPAF.
- Reitor, S. (2020). Whistling heron (*Syrigma sibilatrix*), versão 1.0. In T.S. Schulenberg (Ed.), *Birds of the World*. The Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.whiher1.01>
- Remsen Jr., J. V., & Kirwan, G. M. (2020). Rusty-backed spinetail (*Craniolaeca vulpina*), versão 1.0. In J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, & E. Juana (Eds.), *Birds of the World*. The Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.rubspi4.01>
- Rodrigues, A. G., Borges-Martins, M., & Zilio, F. (2018). Bird diversity in an urban ecosystem: the role of local habitats in understanding the effects of urbanization. *Iheringia, Série Zoológica*, 108, e2018017. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018017>

- Sazima, M., & Sazima, I. (1999). The perching bird *Coereba flaveola* as a co-pollinator of bromeliad flowers in southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 77(1), 47-51. <https://doi.org/10.1139/z98-184>
- Scherer, A., Scherer, S. B., Bugoni, L., Mohr, L. V., Efe, M. A., & Hartz, S. M. (2005). Estrutura trófica da avifauna em oito parques da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ornithologia*, 1(1), 25-32. <http://repositorio.furg.br/handle/1/397>
- Scherer, A. L., Scherer, J. F. M., & Petry, M. V. (2012). Distribuição e estrutura trófica de aves em gradiente industrial petroquímico, no sul do Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 7(3), 162-170. <https://doi.org/10.4013/nbc.2012.73.03>
- Scherer, J. F. M., Scherer, A. L., & Petry, M. V. (2010). Estrutura trófica e ocupação de hábitat da avifauna de um parque urbano em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biotemas*, 23(1), 169-180. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n1p169>
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. Editora Nova Fronteira.
- Sigrist, T. (2014). *Avifauna brasileira: Guia de campo, Avis Brasilis* (4ª ed.). Avis Brasilis.
- Silva, W. R., Pizo, M. A., & Gabriel, V. A. (2010). A avifauna como promotora da restauração ecológica. In S. V. Matter, F. C. Straube, I. A. Accordi, V. Q. Piacentini, & J. F. Cândido Jr. (Orgs.), *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento* (pp. 507-516). Technical Books.
- Somenzari, M., Amaral, P. P., Cueto, V. R., Guaraldo, A. C., Jahn, A. E., Lima, D. M., Lima, P. C., Lugarini, C., Machado, C. G., Martinez, J., Nascimento, J. L. X., Pacheco, J. F., Paludo, D., Prestes, N. P., Serafini, P. P., Silveira, L. F., Sousa, A. E. B. A., Sousa, N. A., Souza, M. A., Telino-Júnior, W. R., & Whitney, B. M. (2018). An overview of migratory birds in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 58, e20185803. <http://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.03>
- Somenzari, M., Luchetti, N. M., & Amaral, P. P. (2022). Atualização da lista de aves migratórias do Brasil. In Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE) (Org.), *Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil* (4ª ed.). CEMAVE/ICMBio. https://cemave-sede.github.io/relatorio_aves/cap2.html
- Souza, V. C., Toledo, C. P., Sampaio, D., Bígio, N. C., Colletta, G. D., Ivanauskas, N. M., & Flores, T. B. (2019). *Guia das plantas da Mata Atlântica: Floresta Estacional*. Editora Liana.
- Taylor, B., & Bonan, A. (2020). Slaty-breasted wood-rail (*Aramides saracura*), versão 1.0. In J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie & E. Juana (Eds.), *Birds of the World*. The Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.sbwrai1.01>
- Telfair II, R. C. (2023). Western cattle egret (*Bubulcus ibis*), versão 1.0. In P. G. Rodewald, B. K. Keeney, S. M. Billerman, & M. A. Bridwell (Eds.), *Birds of the World*. The Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow.categr1.01>
- Telino-Júnior, W. R., Dias, M. M., Azevedo Junior, S. M., Lyra-Neves, R. M., & Larrazábal, M. E. L. (2005). Estrutura trófica da avifauna na Reserva Estadual de Gurjaú, Zona da Mata Sul, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(4), 962-973. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400024>
- Tomaz, V. C., Fernandes, V. M., & Alves, M. A. S. (2009). Reprodução de *Fluvicola nengeta* (Tyrannidae) em área urbana da cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 17(36), 70-72. <http://revbrasilornitol.com.br/BJO/article/view/3509>
- Vale, M. M., Tourinho, L., Lorini, M. L., Rajão, H., & Figueiredo, M. S. (2018). Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. *Journal of Field Ornithology*, 89(3), 193-206. <https://doi.org/10.1111/jfo.12256>
- Willis, E. O. (1979). The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 33(1), 1-25. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.1979.33.p1-25>
- WikiAves. (2024a). *Painel de Piracicaba/SP*. https://www.wikiaves.com.br/municipio_3538709
- WikiAves. (2024b). *Espécies em São Paulo*. <https://www.wikiaves.com.br/especies.php?t=e&e=SP>
- WikiAves. (2024c). *Saracura-do-mato*. <https://www.wikiaves.com.br/wiki/saracura-do-mato>
- WikiAves. (s.d.). *WikiAves – A enciclopédia das aves do Brasil*. <https://www.wikiaves.com.br/>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

M. E. C. Navega-Gonçalves contribuiu com administração do projeto, conceituação, investigação, metodologia, análise dos dados e escrita (supervisão, revisão e edição); V. G. R. Lima com conceituação, investigação e escrita (revisão); e V. F. Paulete com investigação e escrita (revisão).

The invisible architects: evaluating our understanding of planktonic tunicates in the Atlantic

Arquitetos invisíveis: uma avaliação sobre o conhecimento dos tunicados planctônicos no Atlântico

Ályssa Thayna Pedrosa Cardoso de Araújo^I  | Thaynara Raelly da Costa Silva^{II}  | Elton Alex Correa da Silva^{II}  |
Xiomara Franchesca García Díaz^{III}  | Sigrid Neumann Leitão^I 

^IZooplankton Laboratory. Museum of Oceanography. Federal University of Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brazil

^{II}Plankton and Microalgae Cultivation Laboratory. Institute of Coastal Studies. Federal University of Pará. Bragança, Pará, Brazil

^{III}Laboratory of Aquatic Ecology and Tropical Aquaculture (LECAT). Socio-Environmental and Water Resources Institute (ISARH). Federal Rural University of the Amazon. Belém, Pará, Brazil

Abstract: Appendicularia are planktonic tunicates that construct numerous gelatinous houses each day, being an important source of food and vertical carbon transport in pelagic environments. However, little is known about these organisms in the Atlantic Ocean. This study aimed to provide an overview of the current state of research of the Appendicularia class in the Atlantic southwest. For this work, we reviewed the state of the art on this group based on bibliographic surveys on academic platforms conducted between October and December 2021, resulting in the selection of 83 publications. Of these, only 13.3% corresponded to studies focused on Appendicularia, and the vast majority addressed is zooplankton. A total of 34 species were recorded in the Brazilian ecoregions, *Oikopleura dioica*, *Oikopleura fusiformis*, *Oikopleura longicauda* and *Oikopleura rufescens* represent 50% of the records. No research group focusing on Appendicularia was found in Brazil, while Argentina has a strong research group for the Southwestern Atlantic. Contrasting, is required a better data management, and enabling future research and the training of researchers focusing on the study of this class.

Keywords: Urochordata. Larvacea. Ecoregion. Bibliographic review.

Resumo: Appendicularia são tunicados planctônicos que constroem diversas casas gelatinosas diariamente, desempenhando papel relevante como fonte de alimento e no transporte vertical de carbono em ambientes pelágicos. Apesar dessa importância ecológica, o conhecimento sobre esses organismos no oceano Atlântico ainda é limitado. Este estudo teve como objetivo apresentar uma visão abrangente do estado atual das pesquisas sobre a classe Appendicularia no Atlântico Sudoeste. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica em plataformas acadêmicas entre outubro e dezembro de 2021, resultando na seleção de 83 publicações. Destas, apenas 13,3% eram voltadas especificamente para Appendicularia, enquanto a maioria tratava do zooplâncton de forma geral. Nas ecorregiões brasileiras, foram registradas 34 espécies, sendo que *Oikopleura dioica*, *Oikopleura fusiformis*, *Oikopleura longicauda* e *Oikopleura rufescens* representaram 50% dos registros. Não foram identificados grupos de pesquisa especializados em Appendicularia no Brasil, ao passo que a Argentina conta com um grupo consolidado na investigação da fauna do Atlântico Sudoeste. Os resultados ressaltam a necessidade de aprimorar o gerenciamento de dados, incentivar novas investigações e promover a formação de pesquisadores dedicados ao estudo dessa classe.

Palavras-chave: Urochordata. Larvacea. Ecorregião. Revisão bibliográfica.

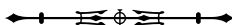
Araújo, A. T. P. C., Silva, T. R. C., Silva, E. A. C., Díaz, X. F. G., & Leitão, S. N. (2025). The invisible architects: evaluating our understanding of planktonic tunicates in the Atlantic. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-1035. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.1035>

Corresponding author: Ályssa Thayna Pedrosa Cardoso de Araújo. Zooplankton Laboratory. Museum of Oceanography. Federal University of Pernambuco. Arquitetura Ave. Recife, PE, Brazil. CEP 50740-550 (alyssa.thayna@ufpe.br).

Received on 10/01/2024

Approved on 07/22/2025

Editorial responsibility: José Nazareno Araújo dos Santos Júnior



INTRODUCTION

Appendicularians are cosmopolitan planktonic tunicates and filter-feeders, grazing mainly on bacteria and phytoplankton cells (Kjørboe, 2011) and occupying an important role in the process of estuarine and marine ecosystem carbon cycling and energy flux (Hopcroft et al., 1998; D'Alelio et al., 2016; Taucher et al., 2024). Appendicularians are unique among Tunicates due to their retention of larval traits, pedomorphosis, in adults, resembling the tadpole larvae of other Tunicata; hence their classification as Larvacea (Di Dario, 2005; Esnal, 1999).

Due to their characteristics, studies in recent decades demonstrate their roles in biogeochemical cycles and ecological processes of the marine environment as: consumers of colloidal particles of dissolved organic carbon (Flood et al., 1992; Jaspers et al., 2023), filters of microplastic particles (1 to 5 mm) in ocean areas, serving as potential bioindicators of marine pollution (Katija et al., 2017; Di Mauro et al., 2017), controllers of primary production, being great herbivorous filter-feeders (Alldredge, 1981; Deibel, 1988; Sato et al., 2008; Lawrence et al., 2018); producers of organic aggregates through their houses and fecal pellets, contributing to marine snow formation and nutrient cycling (Jaspers et al., 2014, 2023). Studying their house filtration mechanisms clarifies their impact on marine food webs (Lombard et al., 2010; Conley et al., 2018; Menschel & González, 2019). Appendicularia is also an important source of food for small carnivorous, such as invertebrates and fish larvae (flounders and engraulids) (Capitanio et al., 2005, 2018; Purcell et al., 2005; Spinelli et al., 2013).

Studies of this group have been developed since the nineteenth century, where most research was focused on the taxonomy, following a stable taxonomic classification until the mid-twentieth century (Lohmann, 1896; Fenaux, 1986; Hopcroft et al., 1998). However, giving the way sampling is carried out and the lack of taxonomic information, new validations, occurrence records and new species are still published around the

globe (Aravena & Palma, 2002; Capitanio et al., 2003; Hopcroft & Robison, 2005). In the study of these animals there are leading research groups from the Pacific (e.g.: Shiga, 1985; Sato et al., 2001; Hopcroft & Robison, 2005; Li et al., 2012; Sato, 2023; Sandoval-Navarrete et al., 2024) and Atlantic Oceans (e.g.: Forneris, 1964; Tundisi, 1970; Capitanio, 1995; Hopcroft et al., 1998; Aravena & Palma, 2002; Capitanio et al., 2018; Jaspers et al., 2023). However, few researchers specialized in the study of Appendicularia from the South Atlantic region, especially from the Brazilian coast (Forneris, 1964; Esnal & Castro, 1977; Vega-Pérez et al., 2011). In this study, we provide an overview of the research carried out with the Appendicularia class in the Atlantic Ocean, from north to south, to provide an overview and a baseline for comparisons with other regions. We assess the available literature in the form of published works with a literature review, and identified the main gaps about this group in the Atlantic Ocean.

MATERIAL AND METHODS

We searched Scopus and Web of Science in October and December 2021 for literature on Atlantic Appendicularia. We applied the following inclusion criteria: 1) Scientific works directed to the class Appendicularia or Larvacea, 2) Studies that contained data on these animals (zooplankton community articles) and 3) Studies carried out in the Atlantic Ocean and related seas (coastal and oceanic areas). We searched title, abstract, and keyword fields for papers in English, French, and Spanish. The search conducted in October 2021 returned 344 results, after removing duplicate work and other research areas, only 42 remained for the present study. For this search, we used the keywords 'Appendicular' and 'larvac' to encompass as many derived terms as possible, such as 'appendicularians' and 'larvaceans,' present in the titles, abstract, and keywords. The second search was carried out in a more comprehensive way, encompassing works that included the zooplankton community and

making use of keywords such as 'appendicularia,' 'larvac' and 'zooplank,' using the same criteria for maximizing the search. The searches returned 2,876 articles, after screening according to pre-defined exclusion criteria, 41 articles from the second search remained. We followed PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) guidelines (Page et al., 2021) for systematic review protocols (Figure 1). We generated plots in R Studio v.4.3.2 (Posit team, 2020) with ggplot2 (Wickham, 2016). The maps were created using the QGIS Desktop program (version 2.18.14) (QGIS.org, 2024).

In order to perform the visualization and bibliometric analysis of the works, we used the Bibliometrix package (Aria & Cuccurullo, 2017), in R (R Core Team, 2016). This allowed the exclusion of duplicates and the union of searches in a single database to perform the analyses. For each selected

study after initial screening (N = 83), information was compiled regarding authors, year of publication, study location, type of work (article, review article, conference paper, book/ book chapter), species found, as well as biogeographic ecoregion, following the classification criterion of Spalding et al. (2007).

RESULTS

BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Through the bibliographic review, we obtained 83 studies from 1977 to 2021. The results depend on the database available on the day of the search on the platforms used, so the total sampling of the terms used in the search is not guaranteed. Thus, the analysis of secondary data showed that, among the decades of the sampled studies, 2010-2019 corresponded to 50.6% of the relative frequency in the studies, while individually the most representative year was 2018, corresponding to the highest frequency of studies, 13.25% (Figures 2A, 2B).

The studies found were categorized into studies of ecology, taxonomy, biomonitoring, and trophic study. Most of the studies belonged to the ecology category, corresponding to approximately 69% of the relative frequency, and were related to research on the distribution, composition and abundance of species or communities (Figures 3A-3C). The articles were organized into: research dedicated to the class Appendicularia, zooplankton community, ichthyology, and others (ornithology, environmental monitoring, oceanography, laboratory experiment, trophic study and species description). We observed that the studies focused on Appendicularia corresponded to only 13.3%, most of the studies refer to the zooplankton community (72.3%), while the other studies corresponded to 14.5%. Regarding the nature of the studies, most of the studies analyzed were classified as articles, totaling 88% of the frequency and the area of interest of most of the studies analyzed was general ecology.

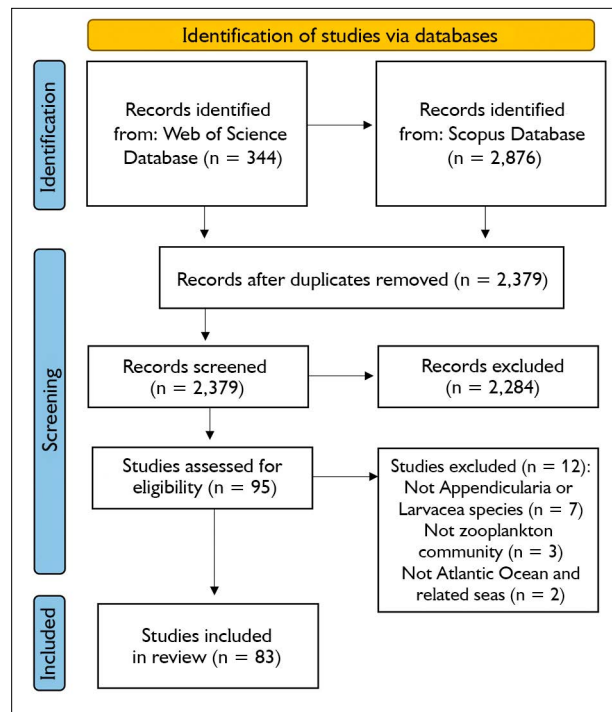


Figure 1. PRISMA flow diagram for systematic review of Appendicularia in the Atlantic Ocean, including sample sizes and exclusion criteria. Graphic by the authors (2025).

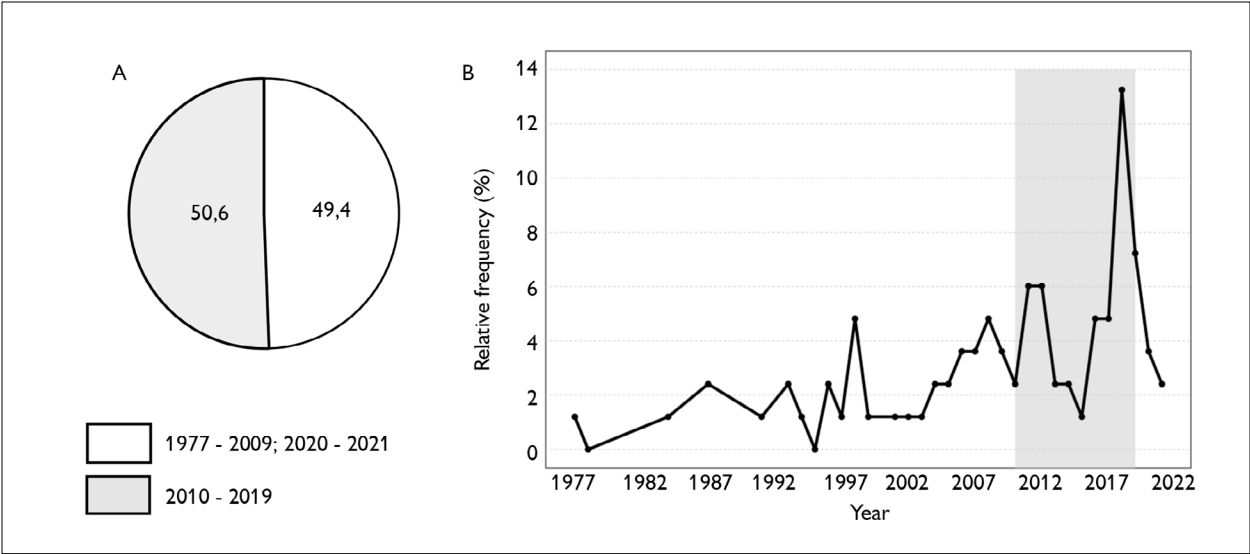


Figure 2. A) Relative frequency of Appendicularia studies in the Atlantic Ocean researched in the years 1977 to 2021 (41 studies); B) the years 2010-2019 (42 studies) are highlighted in gray. Graphic by the authors (2025).

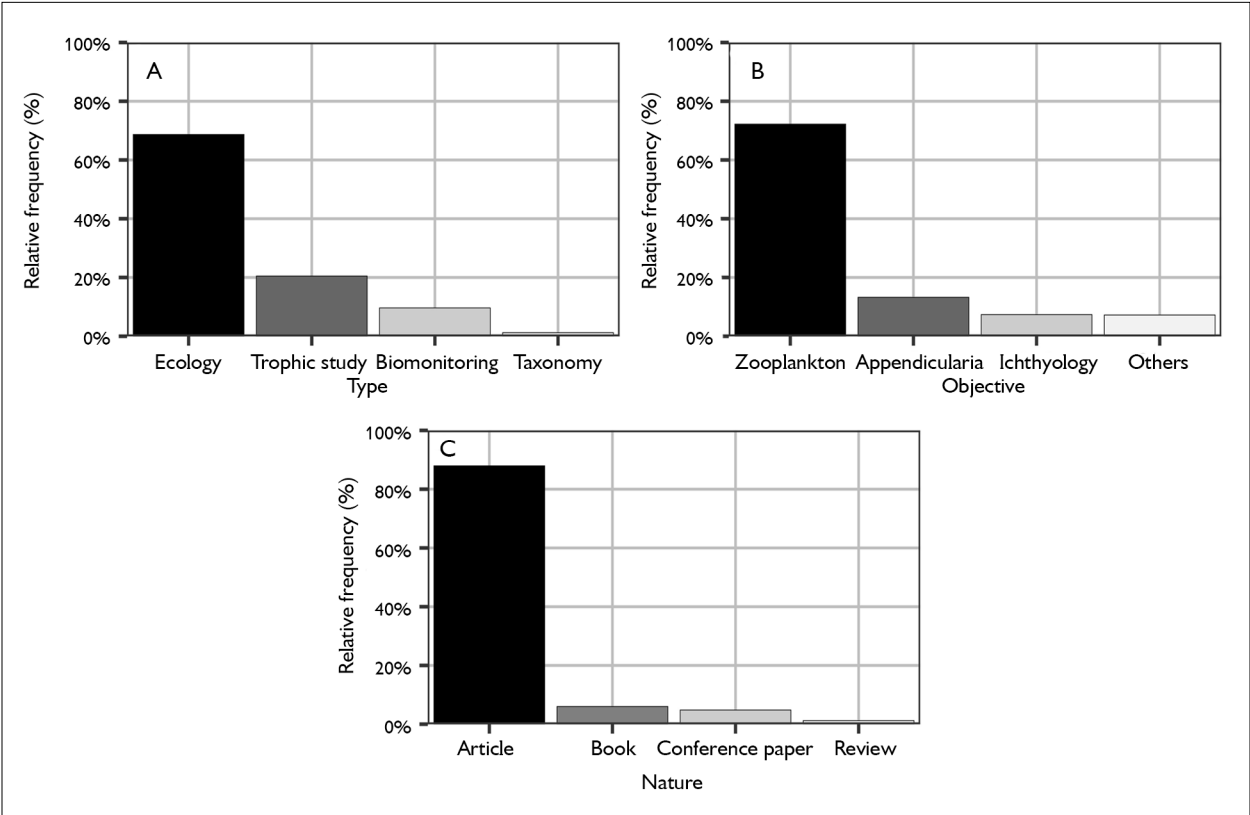


Figure 3. A) Relative frequency of objectives of studies researched on Appendicularia in the Atlantic Ocean; B) relative frequency of topics covered; C) relative frequency of the nature of the work carried out in relation to Appendicularia. Graphic by the authors (2025).

MOST REPRESENTATIVE ECOREGION AND SPECIES

Considering the ecoregions generated in the present study, the results showed that of the 28 biogeographic ecoregions analyzed (Spalding et al., 2007), 7 had the highest frequencies: Ecoregion 180 - ECO 180 (11.7%), ecoregion 184 - ECO 184 (9.7%), ecoregion 75 - ECO 75 (7.8%), ecoregion 76 - ECO 76 and ecoregion 21 - ECO 21 (6.8% each), and ecoregion 183 - ECO 183

and ecoregion 27 - ECO 27 (5.8% each) (Figure 4). Of these locations, 4 belong to the geographical limits of the Brazilian coast, with ECO 180 as the Southeast of Brazil, ECO 75 the Northeast and ECO 76 East of the Brazilian coast. Despite the great importance of areas such as the Caribbean and the African coast, data for these regions were not found. This can be explained by the responsiveness of the platforms, since it is not possible to return all existing academic works in a search.

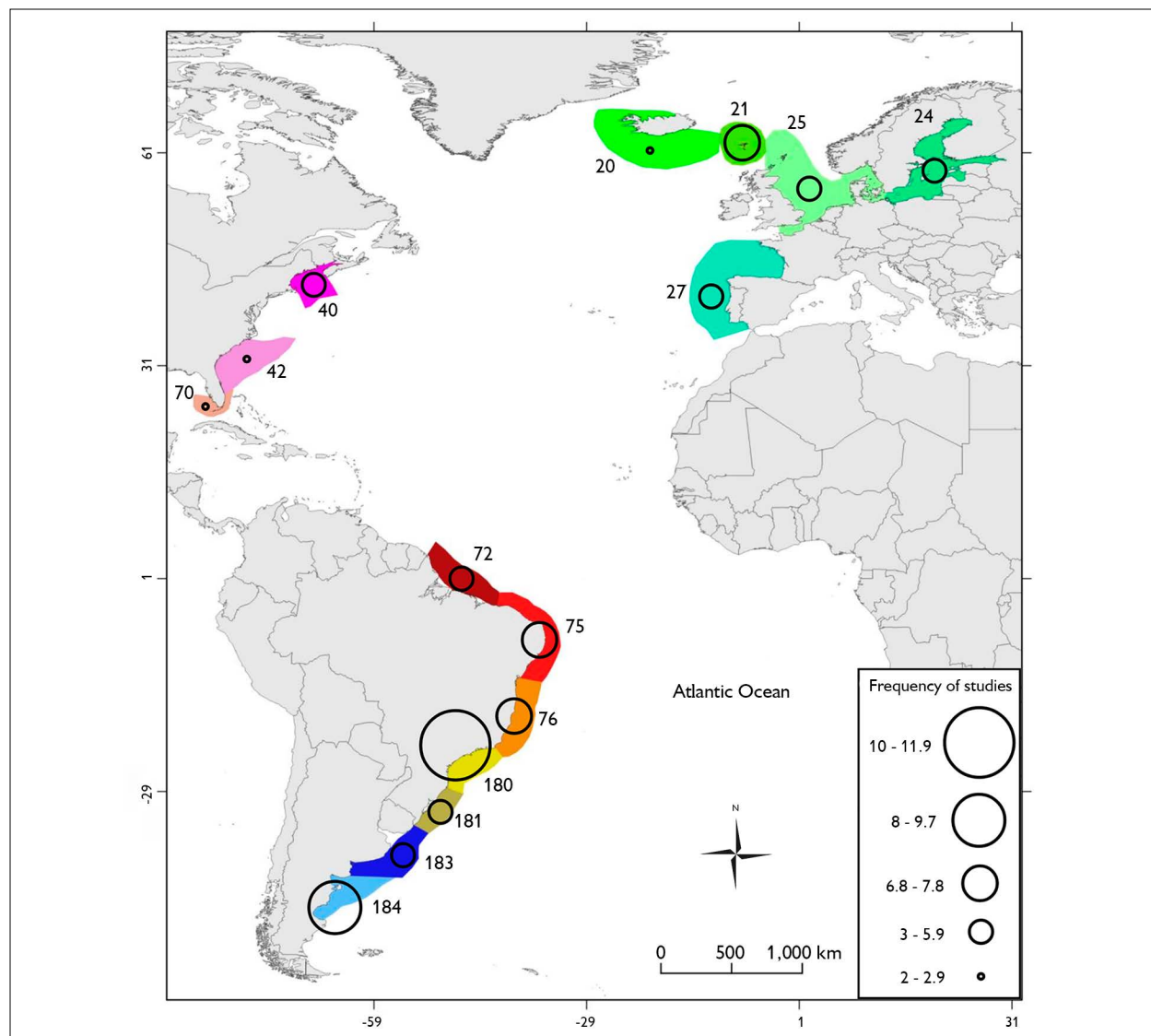


Figure 4. Relative frequency of the most representative ecoregions in studies in the Atlantic Ocean. Map by the authors (2025).

Brazil accounted for 34.9% of the results found, where most of the studies were dedicated to zooplankton. For the North Atlantic, research groups in the United States of America and Spain stood out, together corresponding to 19.2% of the total number of studies. Another 14 countries in Europe and America were sampled, but in total they corresponded to 27.8%. A total of 34 species of Appendicularia were found in the 83 studies analyzed. Among these, the most representative in the Brazilian ecoregions were: *Oikopleura dioica*, *Oikopleura fusiformis*, *Oikopleura longicauda* and *Oikopleura rufescens*, with frequencies higher than 5% and accounted for 45.2% of the total observed.

When we analyze by ecoregion, we can observe a change in more representative species, since ECO 72 obtained *O. dioica* with the highest relative frequency (25%), followed by *O. longicauda* (18.8%), *O. rufescens* (13%), and *Oikopleura cophocerca*, *O. fusiformis*, *Fritillaria formica* with 6.3% each. At ECO 75, the species that stood out were *O. longicauda* (23.1%), *O. dioica* (19.2%), *O. rufescens* (11.5%) and *O. fusiformis* (7.7%). ECO 76 had the species *O. dioica* and *O. longicauda* (12.8% each), *O. rufescens* (10.3%), *O. cophocerca*, *O. fusiformis*, *Fritillaria haplostoma* with 7.7% each, *Oikopleura albicans*, *Oikopleura cornutogastra*, *Fritillaria tenella* with 5.1% each. The species found for ECO 180 were *O. longicauda* (13%),

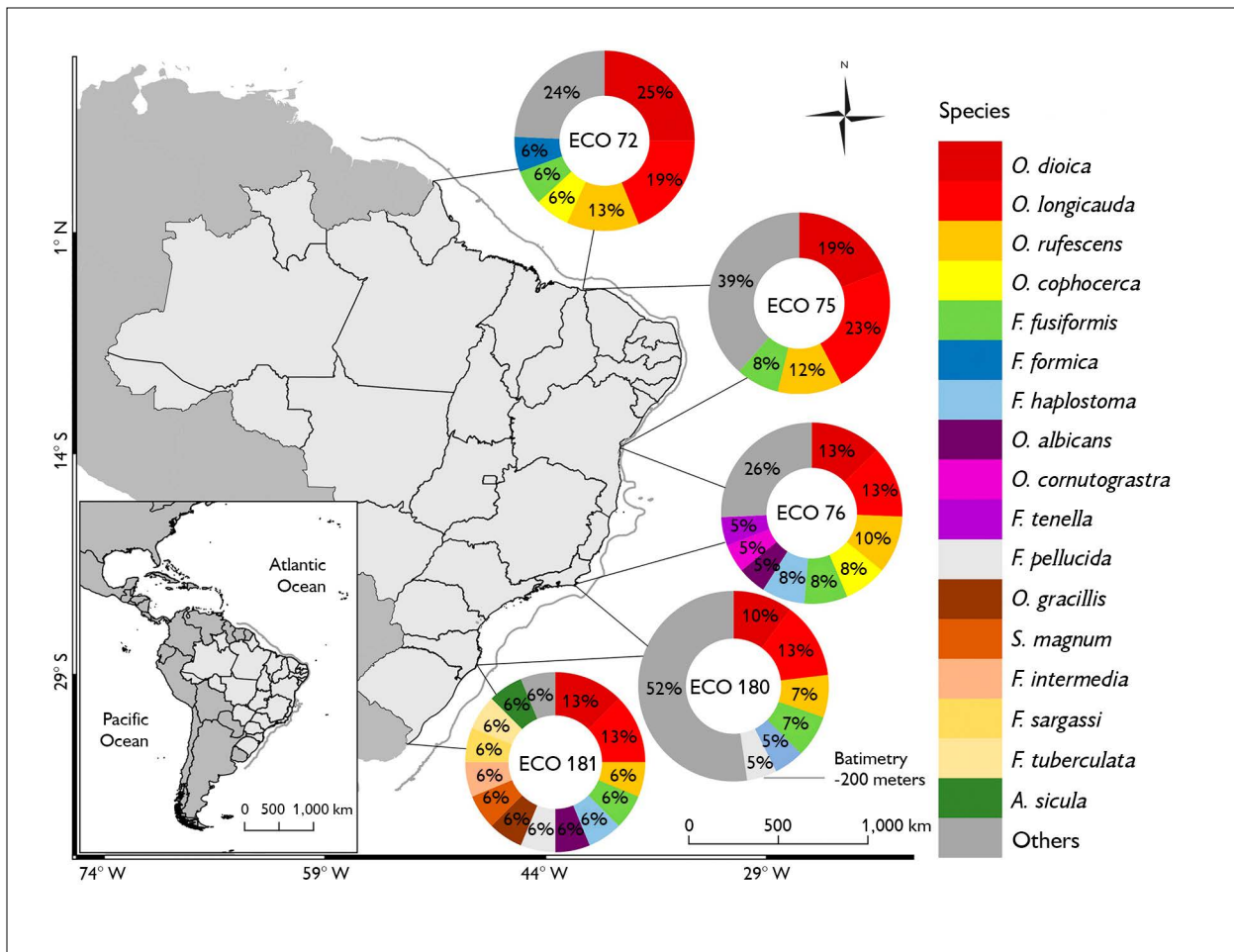


Figure 5. Relative frequency of occurrence of Appendicularia species by ecoregion (ECO) in Brazil. Map by the authors (2025).

O. dioica (10.1%), *O. fusiformis* and *O. rufescens* (7.2%), *Fritillaria haplostoma* and *Fritillaria pellucida* with 5.1% each. In ECO 181 the species were *O. longicauda* and *O. dioica* (13% each), *O. rufescens*, *O. fusiformis*, *F. haplostoma*, *O. albicans*, *F. pellucida*, *Oikopleura gracilis*, *Stegosoma magnum*, *Fritillaria intermedia*, *Fritillaria sargassi*, *Fritillaria tuberculata*, and *Appendicularia sicula* (6.3% each) (Figure 5). Other species were also found in the studies, but with less representation (Table 1).

DISCUSSION

BIBLIOGRAPHIC REVIEW

In the 21st century, concern about the oceans and their implications for human life continues to be debated, with threats to marine life through anthropogenic impacts. To address these impacts, the United Nations Union launched an international campaign in 2016, the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (UNESCO),

Table 1. Relative frequency of occurrence of all Appendicularia species by ecoregion (ECO) in Brazil.

Family Species/Subspecies	Ecoregion (Frequency %)				
	ECO 72	ECO 75	ECO 76	ECO 180	ECO 181
Oikopleuridae Lohmann, 1915					
<i>Oikopleura</i> spp. Mertens, 1830	12.5	15.38	2.56	4.35	6.25
<i>Oikopleura (Vexillaria) albicans</i> (Leuckart, 1854)	0	0	5.13	2.9	6.25
<i>Oikopleura (Vexillaria) cophocerca</i> (Gegenbaur, 1855)	6.25	3.85	7.69	4.35	0
<i>Oikopleura (Vexillaria) dioica</i> Fol, 1872	25	19.23	12.82	10.14	12.5
<i>Oikopleura (Coecaria) fusiformis</i> Fol, 1872	6.25	7.69	7.69	7.25	6.25
<i>Oikopleura (Coecaria) fusiformis cornutogastra</i> Aida, 1907	0	0	5.13	4.35	0
<i>Oikopleura (Coecaria) gracilis</i> Lohmann, 1896	0	0	2.56	4.35	6.25
<i>Oikopleura (Coecaria) intermedia</i> Lohmann, 1896	0	0	2.56	1.45	0
<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i> (Vogt, 1854)	18.75	23.08	12.8	13.04	12.5
<i>Oikopleura (Vexillaria) rufescens</i> Fol, 1872	12.5	11.54	10.26	7.25	6.25
<i>Oikopleura (Vexillaria) parva</i> Lohmann, 1896	0	0	0	2.9	0
<i>Stegosoma magnum</i> (Langerhans, 1880)	0	0	0	1.45	1.45
<i>Megalocercus abyssorum</i> Chun, 1887	0	0	0	6.25	0
Fritillariidae Lohmann, 1915					
<i>Fritillaria</i> spp. Fol, 1872	6.25	15.38	5.13	1.45	0
<i>Fritillaria aequatorialis</i> Lohmann, 1896	0	0	0	1.45	0
<i>Fritillaria borealis</i> Lohmann, 1896	0	0	2.56	1.45	0
<i>Fritillaria borealis intermedia</i> Lohmann, 1905	0	0	0	1.45	6.25
<i>Fritillaria borealis sargassi</i> Lohmann, 1896	0	0	2.56	2.9	6.25
<i>Fritillaria formica</i> Fol, 1872	6.25	3.85	0	4.35	0
<i>Fritillaria formica tuberculata</i> Lohmann in Lohmann & Buckmann, 1926	0	0	0	1.45	6.25
<i>Fritillaria haplostoma</i> Fol, 1872	0	0	7.69	5.8	6.25
<i>Fritillaria pellucida</i> (Busch, 1851)	0	0	2.56	5.8	6.25
<i>Fritillaria tenella</i> Lohmann, 1896	0	0	5.13	4.35	0
<i>Appendicularia sicula</i> Fol, 1874	6.25	0	2.56	4.35	6.25

to encourage increased oceanographic research, international collaboration, and the promotion of sustainability. Thus, there is an important mobilization of the scientific community for the study of the oceans and its socio-environmental aspect (Ryabinin et al., 2019; IOC, 2021; Zappes et al., 2021).

The increase in the number of scientific articles and journals is shown through surveys in the Global Ocean Science Report (GOSR) in the 2017 and 2020 editions, demonstrating a qualitative and quantitative growth in scientific production. These data corroborate the expectation of international efforts to meet the goals established by the United Nations (UN), such as the Sustainable Development Goals (SDGs) and for the Ocean Decade, in addition to other international agreements, such as Conference of the Parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Paris Agreement of 2015 (IOC, 2017, 2020). Another important factor for the increase in research in recent years is due to global funding opportunities, although at insufficient levels to address knowledge gaps, seeking knowledge about climate change and its effects, food security, development and sustainable management of resources, dynamics of coastal and oceanic areas, among others. However, greater investments in financial and infrastructure resources will still be necessary for ocean science to be able to expand its knowledge (Ryabinin et al., 2019; IOC, 2020).

Such knowledge about zooplankton in Brazil, published in scientific journals, can be encompassed in lines of research of taxonomy and new occurrences, biology, trophic study, ecology, conservation biology, biomonitoring, and aquaculture. The choice of the line of research and the location depends, basically, on the interest of the researchers, the infrastructure for the fieldwork and the financial incentive of the funding agencies, resulting in the concentration of studies in some coastal areas, such as the southeast and south regions, the Amazon region, and areas with important research centers in the Northeast, enabling greater chances of

being sampled (Neumann-Leitão & Matsumura-Tundisi, 1998; Lopes, 2007; Tosetto et al., 2022).

The area of interest of most of the studies analyzed was general ecology, showing how in situ research of the class Appendicularia is still in the phase of basic research for the Atlantic, since large study groups in the Pacific were already developing research with cultivation, trophic ecology and genetics since the 90s and early 2000s (Sato et al., 1999, 2001; Nishida, 2008). This demonstrates information gaps specific to the class Appendicularia in Atlantic work, especially for the equatorial portion (Leite et al., 2020).

MOST REPRESENTATIVE ECOREGION AND SPECIES

Through the results obtained, it was possible to visualize that only one research group is dedicated to the study of Appendicularia's in the South Atlantic, located in Argentina (ECO 184), developing research in general and trophic ecology (Capitanio et al., 1997, 2018; Spinelli et al., 2012). The results found for ECO 180 refer to zooplankton research groups in the southeastern region of Brazil, which developed specific studies with Appendicularia (Carvalho & Bonecker, 2010; Carvalho et al., 2016; Vega-Pérez et al., 2011). Brazil accounted for 34.9% of the results found, where most of the studies were dedicated to the abundance and distribution of zooplankton. For the North Atlantic, research groups in the United States of America and Spain stood out, together corresponding to 19.2% of the total number of studies. Another 14 countries in Europe and America were also sampled, but in total they corresponded to 27.8%. We can conclude that there are few research groups dedicated to the class Appendicularia in the world, and it is possible to observe that most of the works are focused on the zooplankton community and large fishery resources (Maar et al., 2004; Catalán et al., 2011; Suca et al., 2018).

Overall, Oikopleuridae were more abundant and more frequent than Fritillariidae, an expected pattern

for these organisms, since Oikopleuridae species prefer warmer waters, and Fritillariidae prefers places with cooler temperatures (Forneris, 1964). In addition, coastal and estuarine regions were indicative of a higher concentration and distribution of appendicularian species, being generally related to the supply of nutrients in coastal regions of river mouths and turbulence, in addition to milder temperatures (Bolotovskoy, 1981). An area in the south of South America, from Rio de Janeiro to the Gulf of San Matías, stands out, with a high occurrence of these organisms (Forneris, 1964; Capitanio, 1995; Hopcroft et al., 1998).

Based on the frequency observed in the studies, *O. dioica*, *O. longicauda*, *O. fusiformis* and *O. rufescens* were found in all ecoregions sampled in Brazil, and are already known in the literature as species commonly found on the Brazilian coast (Forneris, 1964; Esnal & Castro, 1977). In the literature, *O. dioica* and *O. rufescens* are mentioned as frequent species along the Brazilian coast, with *O. dioica* being particularly abundant on the southern coast of the country (Forneris, 1964; Bolotovskoy, 1981). On the other hand, *O. fusiformis* and *O. longicauda* are described as abundant throughout the South Atlantic (Esnal, 1999) and more abundant in surface layers, where temperatures are high and chlorophyll-a levels are low, as observed by Miyashita and Lopes (2011). In warm, temperate offshore waters around the world, *O. longicauda*, *O. rufescens*, and *O. fusiformis* are often found in abundance (Gorsky & Fenaux, 1998; Miyashita & Lopes, 2011). The species of Fritillariidae, in particular, *F. formica*, *F. pellucida*, *F. borealis* and *F. sargassi* are considered to be more abundant in areas with warm waters, being *F. borealis* cosmopolitan and occurring all over the globe with a preference for oceanic or mixed waters (Esnal & Castro, 1977; Esnal, 1999).

ECO 75 presented the lowest number of species when compared to the other ecoregions, followed by ECO 72, which can be explained by the presence of oligotrophic waters, influenced by the South Equatorial Current, without the influence of the contribution of large rivers and with low concentration of nutrients in the surface layers

with a well-defined thermocline (Knoppers et al., 1999; Weigert & Madureira, 2011). The Northeast coast of Brazil is a region with nutrient-poor waters with great influence of oceanic waters, with few nutrients found compared to the North region (Ovalle et al., 1999; Araujo et al., 2019). In contrast, oceanic areas close to islands and sea banks have topography that favors the 'island effect,' where deeper and enriched waters are transported to more superficial areas, causing an increase in primary productivity (Doty & Oguri, 1956; Melo et al., 2012; Jales et al., 2015). The northern region is marked by the important contribution of the Amazon plume, contributing with nutrients and suspended material, and is also an important biogeographic barrier for the species, but still containing a low primary productivity (Nittrouer & DeMaster, 1996; Jo et al., 2005; Tosetto et al., 2022).

The Brazilian southeastern and southern coasts are areas with the highest primary productivity (Knoppers et al., 1999), corroborating the results found for ECO 181, ECO 76, ECO 180. Although the Brazilian coast is defined as oligotrophic, some localities located in the southeastern portion may present vortex formations and upwelling areas, contributing to the increase of nutrients from colder currents (Aidar et al., 1993; Gaeta et al., 1999; Andrade et al., 2004). The southern region has oligotrophic waters enriched by important fluvial inputs, such as the Patos Lagoon and the Pratas River, and there are also upwellings at the shelf break (Ciotti et al., 1995; Attisano et al., 2008; Bernardes et al., 2012). This region has also its nutrients influenced by southeast winds and climatic events such as El Niño and La Niña, when compared to less atypical periods (Brandini, 1988; Brandini et al., 2007).

OUTLOOK FOR BRAZIL

The current scenario for studies dedicated to Appendicularia is still uncertain, since there are no groups of researchers specialized in the taxonomic identification and biology in Brazil, and few studies have been carried out with this class (e.g.: Campos & Vega-Pérez, 2003; Carvalho & Bonecker,

2010, 2016; Vega-Pérez et al., 2011; Carvalho et al., 2016). Some reference research and teaching institutions in oceanographic studies, such as Oceanographic Institute of the University of São Paulo (IOUSP), University of São Paulo (USP), Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), Federal University of Pernambuco (UFPE), Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN), Federal University of Rio Grande (FURG) among others hold collections of zooplankton capable of remedying the main gaps that still exist in the study of Appendicularia (Rocha et al., 2024); however, some of these collections may present specimens that are difficult to identify due to the state of preservation, requiring better efforts for the conservation of the collection.

Despite its relevance and wide distribution, this group remains poorly studied in many regions of the Atlantic, mainly due to the lack of taxonomists, infrastructure, and adequate conservation of organisms. In addition, there is a notable heterogeneity in relation to the resources allocated, infrastructure and consequent scientific production between the North-Northeast regions, compared to the South-Southeast (Albuquerque et al., 2005; Gonçalves, 2007; Sidone et al., 2016; Santos, 2022). In view of this scenario, the use of existing biological collections for scientific development is essential (Vega-Pérez et al., 2011; Souza et al., 2020). Research groups from the Federal University of Pernambuco and the Federal Rural University of the Amazon are currently developing research with the Appendicularia class, including the present research (Magalhães personal, communication, 2024)

CONCLUSIONS

The analysis of secondary data showed that most of the work was carried out between 2010-2019, and may be associated with the constant international efforts in the last decade to mitigate human impacts on the oceans. Of the 34 species of Appendicularia listed in the studies, the most frequent on the Brazilian coast were *O. dioica*, *O. fusiformis*, *O. longicauda* and *O. rufescens*. Corroborating with previous studies that demonstrate a greater richness

of these species in the southern portion of South America. In general, no groups of specialists were found in Brazil, while Argentina has a strong research group for the South Atlantic, developing research in ecology, trophic structure, taxonomy and other areas.

In view of the above and the potentially revealing results, it is necessary to encourage research on the Appendicularia class on neritic and oceanic regions of Brazil. Is required a better data management and enabling future research and the training of specialist researchers in the class. In addition to these aspects, it is essential to carry out more comprehensive studies in order to better understand the role of Appendicularia as essential elements in Brazilian marine ecosystems.

ACKNOWLEDGEMENTS

The first author benefited for the doctoral scholarship from the *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) and the *Programa de Pós-Graduação em Oceanografia* at the Federal University of Pernambuco. We would also like to thank Walter Dennis de Oliveira for his help in carrying out the bibliometric surveys.

REFERENCES

- Aidar, E., Gaeta, S. A., Giancesella-Galvão, S. M. F., Kutner, M. B. B., & Teixeira, C. (1993). Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publicação Especial do Instituto Oceanográfico*, 10(2019), 9–43.
- Albuquerque, E. M., Baessa, A. R., Kirdeikas, J. C. V., Silva, L. A., & Ruiz, R. M. (2005). Produção científica e tecnológica das regiões metropolitanas brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 9(3), 615–642. <https://doi.org/10.1590/s1415-98482005000300006>
- Allredge, A. L. (1981). The impact of appendicularian grazing on natural food concentrations in situ. *Limnology and Oceanography*, 26(2), 247–257. <https://doi.org/10.4319/lo.1981.26.2.0247>
- Andrade, L., Gonzalez, A. M., Valentin, J. L., & Paranhos, R. (2004). Bacterial abundance and production in the southwest Atlantic Ocean. *Hydrobiologia*, 511(2004), 103–111. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000014033.81848.48>

- Araujo, M., Noriega, C., Medeiros, C., Lefèvre, N., Ibáñez, J. S. P., Montes, M. F., Silva, A. C., & Santos, M. L. (2019). On the variability in the CO₂ system and water productivity in the western tropical Atlantic off North and Northeast Brazil. *Journal of Marine Systems*, 189, 62–77. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.09.008>
- Aravena, G., & Palma, S. (2002). Taxonomic identification of appendicularians collected in the epipelagic waters off northern Chile (Tunicata, Appendicularia). *Revista Chilena de Historia Natural*, 75(2), 307–325. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2002000200005>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Attisano, K. K., Niencheski, L. F. H., Milani, I. C. B., Machado, C. S., Milani, M. R., Zarzur, S., & Andrade, C. F. F. (2008). Evidences of continental groundwater inputs to the shelf zone in Albardão, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56(3), 189–200. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592008000300004>
- Bernardes, M., Knoppers, B., Rezende, C., Souza, W., & Ovalle, A. (2012). Land-sea interface features of four estuaries on the South America Atlantic coast. *Brazilian Journal of Biology*, 72(3 suppl.), 761–774. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842012000400011>
- Boltovskoy, D. (1981). *Atlas del zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino*. Instituto Nacional de Investigacion y Desarrollo Pesquero.
- Brandini, F. P. (1988). Hydrography, phytoplankton biomass and photosynthesis in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during autumn (may/june, 1983). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 36(1–2), 63–72. <https://doi.org/10.1590/s0373-55241988000100007>
- Brandini, F. P., Silva, A. S., Silva, E. T., & Kolm, H. (2007). Sources of nutrients and seasonal dynamics of chlorophyll in the inner shelf off Paraná State - South Brazil bight. *Journal of Coastal Research*, 23(5), 1131–1140. <https://doi.org/10.2112/04-0360.1>
- Campos, M. A. G., & Vega-Pérez, L. A. (2003). Apendiculárias da região entre Cabo Frio e Ilha Grande (RJ) e sua relação com a hidrodinâmica local. In *Anais do Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde*, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- Capitanio, F. L. (1995). *Estudio ecológico (distribución, relaciones tróficas y desarrollo gonadal) de Appendicularia (chordata, tunicata) en aguas costeras de Uruguay y Argentina hasta los 47° S* [Doctoral thesis, Universidade de Buenos Aires]. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2733_Capitanio.pdf
- Capitanio, F. L., Pájaro, M., & Esnal, G. B. (1997). Appendicularians (Chordata, Tunicata) in the diet of anchovy (*Engraulis anchoita*) in the Argentine Sea. *Scientia Marina*, 61(1), 9–15.
- Capitanio, F. L., Daponte, M. C., & Esnal, G. B. (2003). The classification of Antarctic appendicularians: The *Oikopleura gaussica* group. *Antarctic Science*, 15(4), 476–482. <http://doi.org/10.1017/S0954102003001585>
- Capitanio, F. L., Pájaro, M., & Esnal, G. B. (2005). Appendicularians: An important food supply for the Argentine anchovy *Engraulis anchoita* in coastal waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 21(5), 414–419. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2005.00657.x>
- Capitanio, F. L., Spinelli, M. L., Presta, M. L., Aguirre, G. E., Cervetto, G., Pájaro, M., & Derisio, C. M. (2018). Ecological role of common appendicularian species from shelf waters off Argentina. In M. S. Hoffmeyer, M. E. Sabatini, F. P. Brandini, D. L. Calliari, & N. H. Santinelli (Eds.), *Plankton ecology of the Southwestern Atlantic from the subtropical to the subantarctic realm* (pp. 201–218). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77869-3_10
- Carvalho, P. F., & Bonecker, S. L. C. (2010). Seasonal and spatial variability of appendicularian density and taxonomic composition in the caravelas estuary (Northeastern Brazil) and adjacent coastal area. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(1), 161–169. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000100020>
- Carvalho, P. F., & Bonecker, S. L. C. (2016). Variação da composição e abundância das espécies da Classe Appendicularia e seu uso como potenciais bioindicadoras de regiões e massas de água superficiais na área da Baía de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Serie Zoologia*, 106, e2016022. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2016022>
- Carvalho, P. F., Bonecker, S. L. C., & Nassar, C. A. G. (2016). Analysis of the Appendicularia class (subphylum Urochordata) as a possible tool for biomonitoring four estuaries of the tropical region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 606. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5616-5>
- Catalán, I. A., Tejedor, A., Alemany, F., & Reglero, P. (2011). Trophic ecology of Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus* larvae. *Journal of Fish Biology*, 78(5), 1545–1560. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.02960.x>
- Ciotti, Á. M., Odebrecht, C., Fillmann, G., & Moller, O. O. (1995). Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 15(14), 1737–1756. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(94\)00091-Z](https://doi.org/10.1016/0278-4343(94)00091-Z)
- Conley, K. R., Lombard, F., & Sutherland, K. R. (2018). Mammoth grazers on the ocean's minuteness: A review of selective feeding using mucous meshes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1878), 20180056. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0056>
- D'Alelio, D., Libralato, S., Wyatt, T., & Ribera D'Alcalà, M. (2016). Ecological-network models link diversity, structure and function in the plankton food-web. *Scientific Reports*, 6, 21806. <https://doi.org/10.1038/srep21806>

- Deibel, D. (1988). Filter feeding by *Oikopleura vanhoffeni*: grazing impact on suspended particles in cold ocean waters. *Marine Biology*, 99(2), 177–186. <https://doi.org/10.1007/BF00391979>
- Di Dario, F. (2005). Chordata. In E. E. Ruppert, R. S. Fox, & R. D. Barnes (Eds.), *Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva* (7th ed., pp. 1083–1122). Editora Roca.
- Di Mauro, R., Kupchik, M. J., & Benfield, M. C. (2017). Abundant plankton-sized microplastic particles in shelf waters of the northern Gulf of Mexico. *Environmental Pollution*, 230, 798–809. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.030>
- Doty, M. S., & Oguri, M. (1956). The island mass effect. *Journal du Conseil*, 22(1), 33–37. <https://doi.org/10.1093/icesjms/22.1.33>
- Esnal, G. B., & Castro, R. J. (1977). Distributional and biometrical study of appendicularians from the west south Atlantic ocean. *Hydrobiologia*, 56(3), 241–246. <https://doi.org/10.1007/BF00017510>
- Esnal, G. B. (1999). Appendicularia. In D. Boltovskoy (Ed.), *South Atlantic Zooplankton* (1st ed., pp. 1375–1398). Backhuys Publishers.
- Fenaux, R. (1986). The house of *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia): Structure and functions. *Zoomorphology*, 106(4), 224–231. <https://doi.org/10.1007/BF00312043>
- Flood, P. R., Deibel, D., & Morris, C. C. (1992). Filtration of colloidal melanin from sea water by planktonic tunicates. *Nature*, 355(6361), 630–632. <https://doi.org/10.1038/355630a0>
- Forneris, L. (1964). Appendicularian species groups and southern Brazil water masses. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 14, 53–113. <https://doi.org/10.1590/s0373-55241965000100004>
- Gaeta, S. A., Lorenzetti, J. A., Miranda, L. B., Susini-Ribeiro, S. M. M., Pompeii, M., & Araujo, C. E. S. (1999). The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral fall of 1995. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2–3), 253–270.
- Gonçalves, E. (2007). O padrão espacial da atividade inovadora brasileira: uma análise exploratória. *Estudos Econômicos*, 37(2), 405–433. <https://doi.org/10.1590/s0101-41612007000200007>
- Gorsky, G., & Fenaux, R. (1998). The role of appendicularians in marine food webs. In Q. Bone (Ed.), *The biology of pelagic tunicates* (pp. 161–169). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198540243.003.0010>
- Hopcroft, R. R., Roff, J. C., & Bouman, H. A. (1998). Zooplankton growth rates: The larvaceans Appendicularia, Fritillaria and Oikopleura in tropical waters. *Journal of Plankton Research*, 20(3), 539–555. <https://doi.org/10.1093/plankt/20.3.539>
- Hopcroft, R. R., & Robison, B. H. (2005). New mesopelagic larvaceans in the genus Fritillaria from Monterey Bay, California. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(3), 665–678. <https://doi.org/10.1017/S0025315405011598>
- Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). (2017). *Global Ocean Science Report 2017: The current status of ocean science around the world*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.18356/9789216040048>
- Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). (2020). *Global Ocean Science Report 2020: Charting capacity for ocean sustainability*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.18356/9789216040048>
- Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). (2021). *The United Nations decade of ocean science for sustainable development (2021-2030): Implementation plan*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377082>
- Jales, M. C., Feitosa, F. A. N., Koenig, M. L., Montes, M. J. F., Araújo Filho, M. C., & Silva, R. A. (2015). Phytoplankton biomass dynamics and environmental variables around the Rocas Atoll Biological reserve, South Atlantic. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(4), 443–454. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592015093906304>
- Jaspers, C., Acuña, J. L., & Brodeur, R. D. (2014). Interactions of gelatinous zooplankton within marine food webs. *Journal of Plankton Research*, 37(5), 985–988. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbv068>
- Jaspers, C., Hopcroft, R. R., Kiørboe, T., Lombard, F., López-Urrutia, Á., Everett, J. D., & Richardson, A. J. (2023). Gelatinous larvacean zooplankton can enhance trophic transfer and carbon sequestration. *Trends in Ecology and Evolution*, 38(10), 980–993. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.05.005>
- Jo, Y. H., Yan, X. H., Dzwonkowski, B., & Liu, W. T. (2005). A study of the freshwater discharge from the Amazon River into the tropical Atlantic using multi-sensor data. *Geophysical Research Letters*, 32(2), L02605. <https://doi.org/10.1029/2004GL021840>
- Katija, K., Choy, C. A., Sherlock, R. E., Sherman, A. D., & Robison, B. H. (2017). From the surface to the seafloor: How giant larvaceans transport microplastics into the deep sea. *Science Advances*, 3(8), e1700715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700715>
- Kiørboe, T. (2011). How zooplankton feed: Mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews*, 86(2), 311–339. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00148.x>
- Knoppers, B., Ekau, W., & Figueiredo, A. G. (1999). The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Letters*, 19(3), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s003670050106>



- Lawrence, J., Töpper, J., Petelenz-Kurdiel, E., Bratbak, G., Larsen, A., Thompson, E., Troedsson, C., & Ray, J. L. (2018). Viruses on the menu: The appendicularian *Oikopleura dioica* efficiently removes viruses from seawater. *Limnology and Oceanography*, 63(S1), S244–S253. <https://doi.org/10.1002/lno.10734>
- Leite, A. A. C., Queiroz, A. F. S., Morais, L. M. S., Azevedo, C. C., & Martinelli Filho, J. E. (2020). Zooplankton at the Northern Brazilian coast: Evaluation and gaps. *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 12–17. <https://doi.org/10.2112/S195-003.1>
- Li, K., Jianqiang, Y., Liangmin, H., Shumin, L., & Jianlin, Z. (2012). Distribution patterns of appendicularians and copepods and their relationship on the northwest continental shelf of South China Sea during summer. *Acta Oceanologica Sinica*, 31(5), 135–145. <https://doi.org/10.1007/s13131-012-0243-7>
- Lohmann, H. (1896). Die Appendicularien der Plackton-Expedition. *Ergebnisse Der Plankton-Expedition Der Humboldt-Stiftung*, 2, 1–148.
- Lombard, F., Legendre, L., Picheral, M., Sciandra, A., & Gorsky, G. (2010). Prediction of ecological niches and carbon export by appendicularians using a new multispecies ecophysiological model. *Marine Ecology Progress Series*, 398, 109–125. <https://doi.org/10.3354/meps08273>
- Lopes, R. M. (2007). Marine zooplankton studies in Brazil - A brief evaluation and perspectives. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79(3), 369–379. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652007000300002>
- Maar, M., Nielsen, T. G., Gooding, S., Tönnesson, K., Tiselius, P., Zervoudaki, S., Christou, E., Sell, A., & Richardson, K. (2004). Trophodynamic function of copepods, appendicularians and protozooplankton in the late summer zooplankton community in the Skagerrak. *Marine Biology*, 144(5), 917–933. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1263-9>
- Melo, P. A. M. C., Diaz, X. F. G., Macedo, S. J., & Neumann-Leitão, S. (2012). Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 5, e121. <https://doi.org/10.1017/S1755267212001054>
- Menschel, A. E., & González, H. E. (2019). Carbon and calcium carbonate export driven by appendicularian faecal pellets in the Humboldt current system off Chile. *Scientific Reports*, 9(1), 16501. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52469-y>
- Miyashita, L. K., & Lopes, R. M. (2011). Larvacean (Chordata, Tunicata) abundance and inferred secondary production off southeastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92(3), 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.01.007>
- Neumann-Leitão, S., & Matsumura-Tundisi, T. (1998). Dynamics of a perturbed estuarine zooplanktonic community: Port of Suape, PE, Brazil. *SIL Proceedings, 1922-2010*, 26(4), 1981–1988. <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11901089>
- Nishida, H. (2008). Development of the appendicularian *Oikopleura dioica*: Culture, genome, and cell lineages. *Development Growth and Differentiation*, 50(s1), S239–S256. <https://doi.org/10.1111/j.1440-169X.2008.01035.x>
- Nittrouer, C. A., & DeMaster, D. J. (1996). The Amazon shelf setting: Tropical, energetic, and influenced by a large river. *Continental Shelf Research*, 16(5–6), 553–573. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(95\)00069-0](https://doi.org/10.1016/0278-4343(95)00069-0)
- Ovalle, A. R. C., Rezende, C. E., Carvalho, C. E. V., Jennerjahn, T. C., & Ittekkot, V. (1999). Biogeochemical characteristics of coastal waters adjacent to small river-mangrove systems, East Brazil. *Geo-Marine Letters*, 19(3), 179–185. <https://doi.org/10.1007/s003670050107>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 2021(71), 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Posit team. (2020). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>
- Purcell, J. E., Sturdevant, M. V., & Galt, C. P. (2005). A review of appendicularians as prey of invertebrate and fish predators. In G. Gorsky, M. J. Youngbluth, & D. Deibel (Eds.), *Response of marine ecosystems to global change - Ecological impact of appendicularians* (pp. 359–434). Gordon and Breach Scientific Publishers.
- QGIS.org. (2024). *QGIS Geographic Information System* (2.18.14). QGIS Association. <https://qgis.org/>
- R Core Team. (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rocha, R. M., Monteiro, T., Bonecker, S., & Oliveira, L. D. M. (2024). A synopsis of Tunicata biodiversity in Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 41, e23042. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v41.e23042>
- Ryabinin, V., Barbière, J., Haugan, P., Kullenberg, G., Smith, N., McLean, C., Troisi, A., Fischer, A. S., Aricò, S., Aarup, T., Pissierssens, P., Visbeck, M., Enevoldsen, H., & Rigaud, J. (2019). The UN decade of ocean science for sustainable development. *Frontiers in Marine Science*, 6, 470. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00470>
- Sandoval-Navarrete, C. A., Hernández-Márquez, S., Zamudio-Resendiz, M. E., Núñez-Resendiz, M. L., Márquez-Valdelamar, L. M., & Senties, A. (2024). Nuevos registros de Appendicularia (Urochordata) y otras especies de zooplancton en el Pacífico tropical mexicano. *Acta Zoológica Lilloana*, 68(2), 309–341. <https://doi.org/10.30550/j.azl/1974>

- Santos, M. A. M. (2022). *Nutrientes inorgânicos dissolvidos nas zonas costeiras e oceânicas do Brasil: uma revisão sistemática* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo]. <https://oceanografia.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGOA/detalhes-da-tese?id=15975>
- Sato, R., Yu, J., Tanaka, Y., & Ishimaru, T. (1999). New apparatuses for cultivation of appendicularians. *Plankton Biology and Ecology*, 46(2), 162–164.
- Sato, R., Tanaka, Y., & Ishimaru, T. (2001). House production by *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) under laboratory conditions. *Journal of Plankton Research*, 23(4), 415–423. <https://doi.org/10.1093/plankt/23.4.415>
- Sato, R., Ishibashi, Y., Tanaka, Y., Ishimaru, T., & Dagg, M. J. (2008). Productivity and grazing impact of *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) in Tokyo Bay. *Journal of Plankton Research*, 30(3), 299–309. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbn001>
- Sato, R. (2023). An improved cultivation device for appendicularians with notes on the biology of *Fritillaria* sp. collected in Sagami Bay, Japan. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 103, e68. <https://doi.org/10.1017/S0025315423000541>
- Shiga, N. (1985). Seasonal and vertical distributions of Appendicularia in Volcano Bay, Hokkaido, Japan. *Bulletin of Marine Science*, 37(2), 425–439.
- Sidone, O. J. G., Haddad, E. A., & Mena-Chalco, J. P. (2016). A ciência nas regiões brasileiras: evolução da produção e das redes de colaboração científica. *Transinformação*, 28(1), 15–31. <https://doi.org/10.1590/2318-08892016002800002>
- Souza, D. L., Zambalde, A. L., Mesquita, D. L., Souza, T. A., & Silva, N. L. C. (2020). A perspectiva dos pesquisadores sobre os desafios da pesquisa no Brasil. *Educação e Pesquisa*, 46, e221628. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046221628>
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdeña, Z. A., Finlayson, M., Halpern, B. S., Jorge, M. A., Lombana, A., Lourie, S. A., Martin, K. D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C. A., & Robertson, J. (2007). Marine ecoregions of the world: A bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573–583. <https://doi.org/10.1641/B570707>
- Spinelli, M. L., Pájaro, M., Martos, P., Esnal, G. B., Sabatini, M., & Capitanio, F. L. (2012). Potenciales presas zooplanktonicas (Copepoda y Appendicularia) para *Engraulis anchoita* en relación con las distribuciones de larvas tempranas y de desove en la región frontal patagónica (océano Atlántico sudoccidental). *Scientia Marina*, 76(1), 39–47. <https://doi.org/10.3989/scimar.2012.76n1039>
- Spinelli, M., Guerrero, R., Pájaro, M., & Capitanio, F. (2013). Distribution of *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) associated with a coastal frontal system (39°–41°S) of the SW Atlantic Ocean in the spawning area of *Engraulis anchoita* anchovy. *Brazilian Journal of Oceanography*, 61(2), 141–148. <https://doi.org/10.1590/S1679-87592013000200006>
- Suca, J. J., Pringle, J. W., Knorek, Z. R., Hamilton, S. L., Richardson, D. E., & Llopiz, J. K. (2018). Feeding dynamics of Northwest Atlantic small pelagic fishes. *Progress in Oceanography*, 165, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.04.014>
- Taucher, J., Lechtenböcker, A. K., Bouquet, J. M., Spisla, C., Boxhammer, T., Minutolo, F., Bach, L. T., Lohbeck, K. T., Sswat, M., Dörner, I., Ismar-Rebitz, S. M. H., Thompson, E. M., & Riebesell, U. (2024). The appendicularian *Oikopleura dioica* can enhance carbon export in a high CO₂ ocean. *Global Change Biology*, 30(1), e17020. <https://doi.org/10.1111/gcb.17020>
- Tosetto, E. G., Bertrand, A., Neumann-Leitão, S., & Nogueira Júnior, M. (2022). The Amazon River plume, a barrier to animal dispersal in the Western Tropical Atlantic. *Scientific Reports*, 12(1), 537. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04165-z>
- Tundisi, T. M. (1970). On the seasonal occurrence of appendicularians in waters off the coast of São Paulo state. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 19, 131–144. <https://doi.org/10.1590/s0373-55241970000100005>
- Vega-Pérez, L. A., Campos, M. A. G., & Schinke, K. P. (2011). Checklist da classe appendicularia (Chordata: Tunicata) do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 11(supl. 1), 761–769. <https://doi.org/10.1590/s1676-06032011000500037>
- Weigert, S. C., & Madureira, L. S. P. (2011). Registros acústicos biológicos detectados na zona econômica exclusiva da região Nordeste do Brasil – uma classificação em ecotipos funcionais. *Atlântica*, 33(1), 15–32. <https://periodicos.furg.br/atlantica/article/view/2676>
- Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Gráficos elegantes para análise de dados* (4.3.2). Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Zappes, C. A., Alves, L. D., Guarnier, L., Bignotto, N. R., Reis, L. A. C., & Rotta, C. S. (2021). Decade of ocean science and its relationship with social-environmental oceanography. *Brazilian Journal of Development*, 7(7), 66513–66534. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-092>

AUTHORS' CONTRIBUTION

Á. T. P. C. Araújo contributed to conceptualization, investigation, data curation, research, methodology, visualization and writing (original draft, review and editing); T. R. C. Silva contributed to conceptualization, visualization and writing (review and editing); E. A. C. Silva contributed to formal Analysis, methodology, software and visualization; X. F. G. Díaz contributed to project Administration, supervision, validation, visualization and writing (review and editing); and Sigrid Neumann Leitão contributed to project administration, funding acquisition, resources, supervision, validation, visualization and writing (review and editing).

Publication trends on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil

Tendências em publicações sobre vocalizações de anuros no Nordeste do Brasil

Laiana Carla de Moura^{I,II}  | Pedro Ivo Simões^I 

^IUniversidade Federal de Pernambuco. Centro de Biotecnologias. Departamento de Zoologia. Laboratório de Herpetologia. Recife, Pernambuco, Brazil

^{II}Kyoto University. Graduate School of Global Environmental Studies. Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, Japan

Abstract: Studies on anuran vocalizations have increased in Brazil in recent years. However, these studies remain asymmetrically distributed in terms of geographic and taxonomic coverage. In this study, we analyzed the current state of the art of anuran bioacoustics in the Northeast region of Brazil through a systematic online review of published scientific articles. We identified 123 scientific articles reporting research based on anuran vocalizations recorded in Northeastern Brazil. There has been an increase in the number of publications over the years, but the quality of available information was highly variable, with noticeable differences only in papers published in the last decade, when compared to previous years. Recordings could be assigned to 119 taxa, most belonging to the families Hylidae, Leptodactylidae, Bufonidae and Odontophrynidae. Most studies included recordings made in the Atlantic Forest and *Caatinga* biomes, whereas studies in locations within the *Cerrado* and the Amazon Forest biomes were scarce. Finally, we analyzed institutions and collaborations involved in the publications and found that there is a temporal trend of increase in the proportion of Northeastern institutions involved in the publications, along with a rise in the average number of authors per publication.

Keywords: Amphibians. Atlantic Forest. Bioacoustics. *Caatinga*. Communication.

Resumo: Os estudos com vocalizações de anuros têm aumentado no Brasil nos últimos anos. No entanto, ainda estão assimetricamente distribuídos em termos de cobertura geográfica e taxonômica. Neste estudo, analisamos o atual estado da arte da bioacústica de anuros na região Nordeste do Brasil por meio de uma revisão sistemática de artigos científicos publicados *online*. Foram encontrados 123 artigos científicos relatando pesquisas baseadas em vocalizações de anuros registradas no Nordeste do Brasil. Houve um aumento no número de publicações ao longo dos anos, mas a qualidade das informações disponíveis foi muito variável, com diferenças apenas entre os artigos publicados na última década, quando comparados aos anos anteriores. Os registros podem ser atribuídos a 119 táxons, a maioria dos quais correspondente a espécies das famílias Hylidae, Leptodactylidae, Bufonidae e Odontophrynidae. A maioria dos estudos incluiu registros feitos nos biomas Mata Atlântica e *Caatinga*, enquanto pesquisas em regiões dentro dos biomas *Cerrado* e floresta amazônica foram escassas. Por fim, analisamos as instituições e colaborações envolvidas nas publicações e descobrimos uma tendência temporal de aumento na proporção de instituições nordestinas envolvidas nas publicações, assim como no número médio de autores por publicação.

Palavras-chave: Anfíbios. Mata Atlântica. Bioacústica. *Caatinga*. Comunicação.

Moura, L. C., & Simões, P. I. (2025). Publication trends on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0886. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0886>

Corresponding author: Laiana Carla de Moura. Kyoto University. Graduate School of Global Environmental Studies. Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan (laianamoura@gmail.com).

Received on 11/15/2022

Approved on 06/03/2025

Editorial responsibility: Alexandre Missassi



INTRODUCTION

Communication mediates intra and interspecific interactions in the animal kingdom, and there are multiple ways through which communication can be achieved. Most animals rely on the transmission and reception of chemical, visual, electric, tactile, vibrational, or acoustic signals to convey biological information (Penar et al., 2020). Sound signals are especially important as part of communication systems in insects, fishes, birds, mammals, and amphibians, playing key roles in territorial defense and mate attraction, among other ecological and behavioral functions (Laiolo, 2010; Fletcher, 2014).

As an emerging science, bioacoustics is dedicated to recording, analyzing, and interpreting sound signals produced by living organisms and their relationships with the surrounding environment (Fletcher, 2014; Vallee, 2017; Penar et al., 2020). Through bioacoustics, recordings of sound signals or acoustic landscapes become a valuable source of biological data, which can be used to uncover the natural history of a particular species, to solve intricate taxonomic puzzles as part of integrative taxonomy approaches (e.g., Silva-Filho & Juncá, 2006; Andrade et al., 2020; Bang et al., 2020; Mângia et al., 2020), to evaluate species diversity at a given location (Vacher et al., 2017; Rakotoarison et al., 2017) or to investigate the evolution of communication as a response to environments characterized by different levels of background noise (Bee & Swanson, 2007; Zhang et al., 2015). In the last decades, bioacoustics has also become part of several conservation initiatives, with active or passive acoustic recordings being increasingly adopted as standard methods for species detection or monitoring (Noda et al., 2018; Sugai & Llusia, 2019; Obrist et al., 2010).

Male anurans emit advertisement calls to attract sexual mates and ward off conspecific males at calling sites (Wells & Schwartz, 2007; Toledo et al., 2014; Köhler et al., 2017). Advertisement calls are species-specific and, hence, useful for discriminating anurans belonging to different taxa. Advertisement calls are also subject to evolutionary forces,

such as female sexual selection and selection imposed by background noise, competition for spectral acoustic space or genetic drift, and can provide valuable information on population differentiation and evolutionary mechanisms leading to speciation (Amézquita et al., 2006, 2009; Goutte et al., 2018). In addition to advertisement calls, many anuran species have an extended call repertoire, which may include sound signals used in specific behavioral contexts, such as courtship, agonistic interactions among males, or defense against predators (Toledo et al., 2014; Forti et al., 2018).

Brazil is home to the largest number of amphibian species in the world, with more than 1,188 species, of which 1,144 are anurans (Segalla et al., 2021). Endemism and naturally small geographic distributions are frequent among many clades of Brazilian anurans, and 59 are currently classified as species of conservation concern (Brasil, 2022). Bioacoustical studies of Brazilian anurans have mostly addressed their taxonomy, including the description of new species and the evaluation of species limits among cryptic taxa (Guerra et al., 2018). Fewer studies investigated acoustic signals of anurans in the contexts of reproductive behavior (e.g., Heyer & Carvalho, 2000; Vilela et al., 2014; Camurugi et al., 2015; Costa & Dias, 2019), natural history (e.g., Pimenta et al., 2007; Brandão et al., 2009; Malagoli et al., 2021), ecology (e.g., Protázio et al., 2014, 2019; Lima et al., 2019) or conservation (Simões et al., 2014; Sugai & Llusia, 2019). Additionally, research on advertisement calls in Brazil exhibits geographic and taxonomic biases, as well as biases related to the conservation status of the studied species (Guerra et al., 2018).

Northeastern Brazil encompasses more than 840,000 km² (IBGE & MMA, 2004) and is mostly covered by two ecologically distinct biomes, the Atlantic Forest and the semi-arid *Catinga*. Despite extensive deforestation and human occupation, which can be traced back to the 15th Century, an expressive number of endemic species are found in the region (Garda et al., 2017, 2018; Abrahão et al., 2019). However, no comprehensive appraisal of anuran bioacoustics has been conducted for this region,

hindering the effective planning of future research based on existing knowledge gaps.

In this work, we conduct a comprehensive assessment of the available scientific literature on bioacoustics of anurans in the Brazilian northeast. We evaluate temporal trends in the number of published scientific papers and the quality of those papers, based on whether a set of key methodological steps were reported in each publication.

Additionally, we assess the diversity of taxa studied and the geographic distribution of recorded populations. Lastly, we evaluate the number and affiliations of authors, in order to gain insight into the main institutions conducting bioacoustics studies in Northeastern Brazil and their research networks.

MATERIAL AND METHODS

We searched for published literature on bioacoustics of anurans of Northeastern Brazil in Google Scholar (Google, n.d.), Web of Science (Clarivate, n.d.) and SciELO (SciELO, n.d.), along the period between May 2020 and June 2021. We used a combination of search terms that encompassed taxonomy ('Amphibia,' 'Anura,' 'Anfibio,' 'Anuro,' 'Frog'), bioacoustical terminology ('canto,' 'call,' 'vocalização,' 'vocalization,' 'bioacústica,' 'bioacoustics') and the geographic region of interest ('Brasil,' 'Brazil,' 'Nordeste,' 'Northeast,' and the names of each Northeastern Brazilian state, entered separately on each search). Publications were added to our database when they met the following criteria: 1) research paper written in English or Portuguese language and published in an indexed journal; 2) research containing information on one or more sound recordings of anurans, conducted in one or more states in the Brazilian Northeast. Unpublished theses and monographs were not considered. Papers that presented reanalysis of acoustic data published earlier were also removed from the final database.

Taxonomy followed Frost (2024). We associated the geographic location of recordings with major biomes of Brazilian Northeast based on the biome classification

proposed by *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE, 2017, 2019). When geographic coordinates or information on the locality where sound recordings were conducted were not reported, we considered the geographic coordinates of the centroid of the largest native vegetation remnant in the indicated municipality to locate the recording on the biome distribution map. The distribution map of recordings was produced in QGIS 3.16 (QGIS.org, n.d.), on biome distribution layers based on IBGE (2017, 2019).

All papers were read-through and, from each paper, we extracted the following information: 1) taxonomy of recorded species (family, genus and specific epithets); 2) name of the federation unit (state) where the specimens were recorded; 3) municipality where the species was recorded; 4) biome; 5) geographic coordinates of recording location; 6) date of recording; 7) number of recorded individuals; 8) number of calls analyzed; 9) call type (e.g., advertisement call, aggressive call, courtship call); 10) air or water temperature at the time of recording; 11) snout-to-vent length (SVL) of recorded individuals; 12) model of recorder and microphone used; 13) sampling rate of recording; 14) software used for acoustic analyses; 15) information on long-term storage of recording files (i.e., deposit of files in a public repository or sound collection); 16) year of publication of the paper; 17) number of authors; 18) number of regional institutions involved in the study; 19) number of institutions located outside the Brazilian Northeast involved in the study. Additionally, to understand the nature of studies on anurans that use bioacoustics, papers were classified into one of the following categories: 1) species description; 2) call description; 3) ecological study; 4) behavioral study; 5) taxonomic review; 6) new geographic record; 7) other. In the latter category, we grouped interdisciplinary studies that addressed multiple topics, where bioacoustical data was provided along with information on larval morphology or reproductive biology, for example. We also classified the type of calls according to the anuran call classification proposed by Toledo et al. (2014).

We also assessed whether the quality of publications increased over the years, based on the availability of information essential to the replicability of the studies and for the use of bioacoustics data in future research. With this purpose, we adapted the method used by Guerra et al. (2018) and estimated a quality index based on the presence or absence of information on parameters 5 to 14 listed above, on the body of the text, or on figure captions. We attributed one point to each parameter informed, hence the quality parameter varied between zero (no information available on any parameter) and ten (information on all parameters was provided). In the case of articles containing recordings of several species in which data on a particular parameter were not provided for one or more species, a value of zero was assigned to that parameter. The arithmetic means among all papers published in the same year were used to evaluate the existence of temporal trends in the improvement of publication quality. The proportion of authors affiliated to academic or research institutions located in the Brazilian Northeast among papers published in the same year was used to assess trends in regional capacity and autonomy in bioacoustical studies.

RESULTS

QUANTITATIVE TEMPORAL TRENDS IN PUBLICATIONS

The database built from the systematic review of publications containing information on anuran vocalizations recorded in Northeast Brazil retrieved a total of 123 publications, including Brazilian and international journals. These publications covered a range of 21 years, from 2000 to 2020, with gaps in 2001 and 2002, when no publication was found by the search engines. The average number of publications was 6.47 scientific articles per year. There is notable growth in the average number of publications per year from the beginning of the 2010

decade to the present (Figure 1), and the number of publications almost tripled between the years 2011–2020 (totaling an average of 9,2 articles/year), in comparison with 2000–2010 (3.44 articles/year, in average). The year with the highest number of publications was 2020, with 13 publications.

QUALITATIVE TEMPORAL TRENDS IN PUBLICATIONS

Considering the index we used to access the quality of information available on the papers based on the presence of ten parameters essential for replicability and for the use of the original bioacoustical data in future studies, we did not observe a temporal trend of evolution in the quality of publications (Figure 2). In general, there is great variability in the quality of articles published each year, except in years with only a few publications (e.g., 2000, 2003). Between 2000 and 2010 only one work reached the maximum score of the index, whereas between 2011 and 2020, except for 2016, at least one article reached the maximum value of the index each year. The maximum score was obtained by approximately 19% of the published articles, whereas only a single paper achieved the lowest score recorded.

Among ten parameters used to assess the quality of the bioacoustical information provided in the articles, the

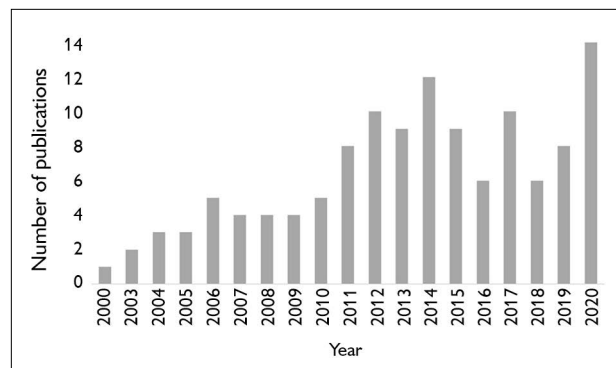


Figure 1. Variation in the number of scientific articles about vocalizations of anurans of the Brazilian Northeast between the years 2000 and 2020, as a result of bibliometric searches conducted on Google Scholar, Web of Science and Scielo. Graphic: the authors (2025).

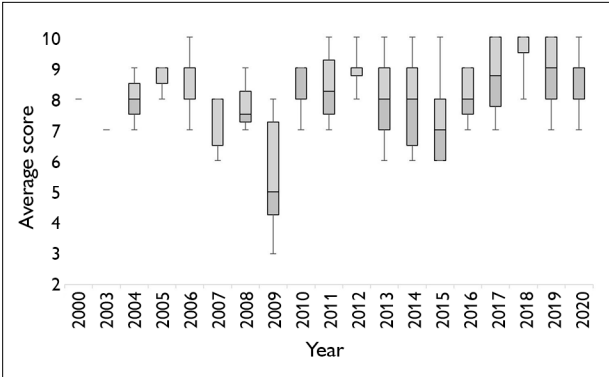


Figure 2. Variation in quality of bioacoustical information available in scientific articles addressing vocalizations of anurans recorded in the Brazilian Northeast, published between 2000 and 2020. The index is based on the reporting of ten parameters related to geographic information, recording conditions, equipment and recording, which guarantee the repeatability of the studies and the use of acoustic data in the future. The index ranged from zero (worst quality) to ten (best quality). Box-plots representing the index values for each year show the interquartile range (box) divided by the median of the values (cross line). The upper and lower limits of the vertical black lines indicate the most extreme values. Graphic: the authors (2025).

least reported were those related to data on body size of recorded individuals, sample size (i.e., number of calls analyzed), and environmental conditions. Information on

body size or body mass of males recorded was absent in 56.1% of the published articles. The number of calls analyzed was not informed in approximately 42.2% of the articles, and geographic coordinates were not reported in 19.5% of them. On the other hand, information on software, type of call recorded, and model of recording gear was reported in the vast majority (> 97%) of the articles (Figure 3).

TAXONOMIC DIVERSITY, CALL TYPE AND RESEARCH SCOPE

The 123 publications contained data on vocalizations of 119 anuran species belonging to 34 genera distributed in 13 families (Appendix 1; Figure 4). In one article, it is not possible to infer which of the listed species were recorded in the Northeast region, so it was classified here as 'not specified.' The most representative families were Hylidae (60 species, 50.4% of the studied taxa), Leptodactylidae (27 species, 22.7%), Bufonidae (8 species, 6.7%), and Odontophrynidae (7 species, 5.9%). The most studied genera belonged to the families Hylidae (*Scinax*, 13 species; *Phyllodytes*, 11 species; *Dendropsophus*, 9 species) and Leptodactylidae (*Leptodactylus*, 10 species; *Physalaemus*, 9 species).

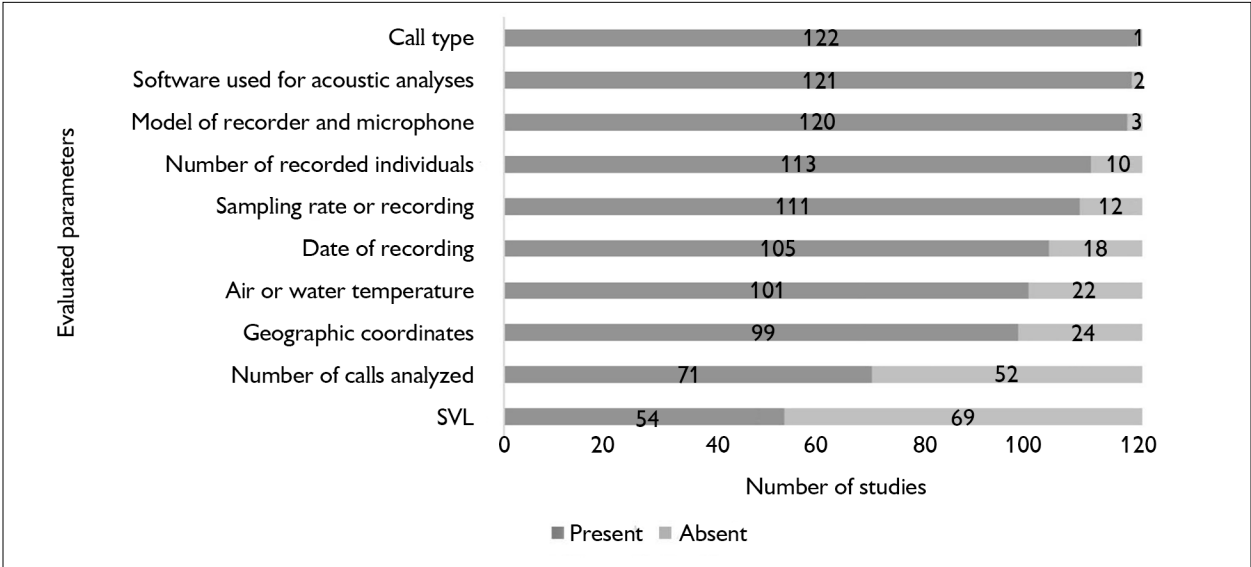


Figure 3. Frequency of reporting of ten qualitative parameters among 123 articles published between 2000 and 2020 which addressed the bioacoustics of anurans recorded in Northeastern Brazil. Graphic: the authors (2025).

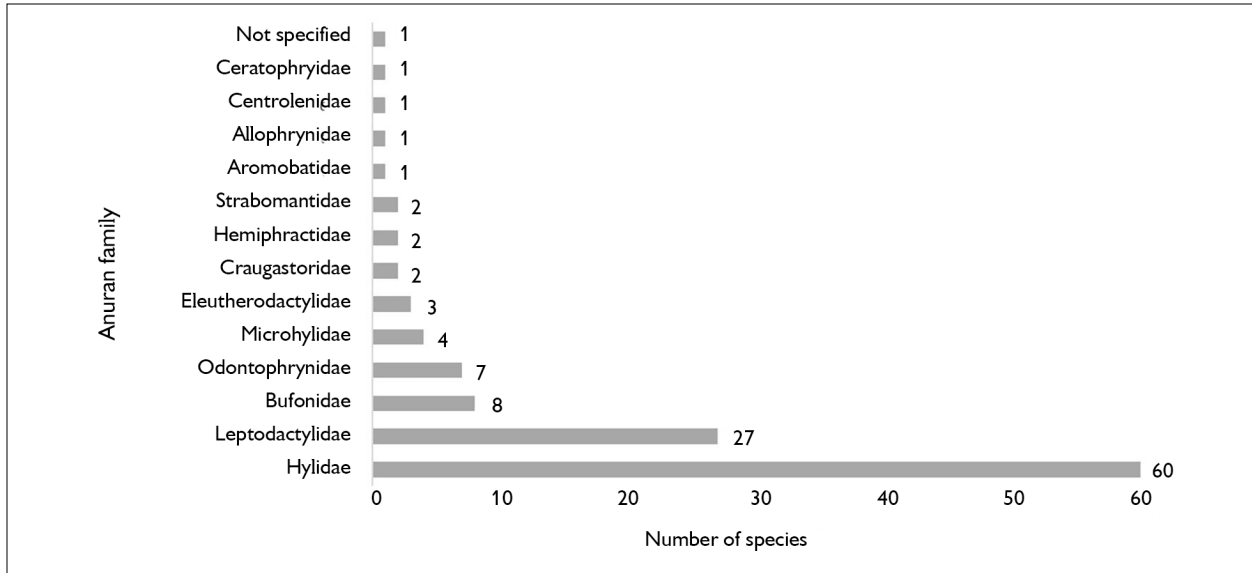


Figure 4. Cumulative number of species, per family, of anurans from the Northeast region of Brazil whose vocalizations were analyzed in studies published in scientific journals between 2000 and 2020. Graphic: the authors (2025).

Approximately 21% of the recorded species were present in more than one study. The most frequent species among the studies were *Pithecopus gonzagai* Andrade, Haga, Ferreira, Recco-Pimentel, Toledo, and Bruschi, 2020 (Hylidae, and *Proceratophrys cristiceps* (Müller, 1883) (Odontophrynidae), for which acoustic information was presented in seven publications. It was followed by *Pithecopus nordestinus* (Caramaschi, 2006) (Hylidae: Phyllomedusinae), and *Pseudopaludicola pocoto* Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad, and Garda, 2014 (Leptodactylidae), whose vocalizations were analyzed in five studies (Appendix 2).

Few studies were dedicated to analyses of vocalizations other than the advertisement call. Advertisement calls were analyzed in 118 publications (95.9%), followed by territorial calls, assessed in 13 publications (10.6%), release calls and courtship calls assessed in five publications (4.1%), distress calls, assessed in four publications (3.2%). Amplexus and warning calls were reported in one publication each (0.8%). The type of vocalization was not informed in one publication. Nearly 17.9% of the articles presented data on the

advertisement call and on at least one additional call type. Considering vocalization categories based on social context (*sensu* Toledo et al., 2014), reproductive calls were represented in 97.6% of the studies, aggressive calls in 11.4%, and defensive calls in 4.1%.

Considering the scope of the research published, we observed that 37.4% of the retrieved articles were call descriptions, with little or no additional data (*i.e.*, morphological, larval, molecular) and with no broader taxonomic scope. Analyses of vocalizations appeared as part of new species descriptions in 25.2% of the studies, and as part of taxonomic revisions in 6.5% of the articles surveyed. Multi-thematic articles, herein classified as 'others,' accounted for 17.9% of the articles. Less frequent types of publications included ecological studies (7.3% of the papers), new geographic records or range extensions (3.3%), and studies on anuran behavior (2.4%).

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF CALL RECORDINGS

Publications encompassed the nine Northeastern Brazilian states (Figure 5). Most anuran call recordings

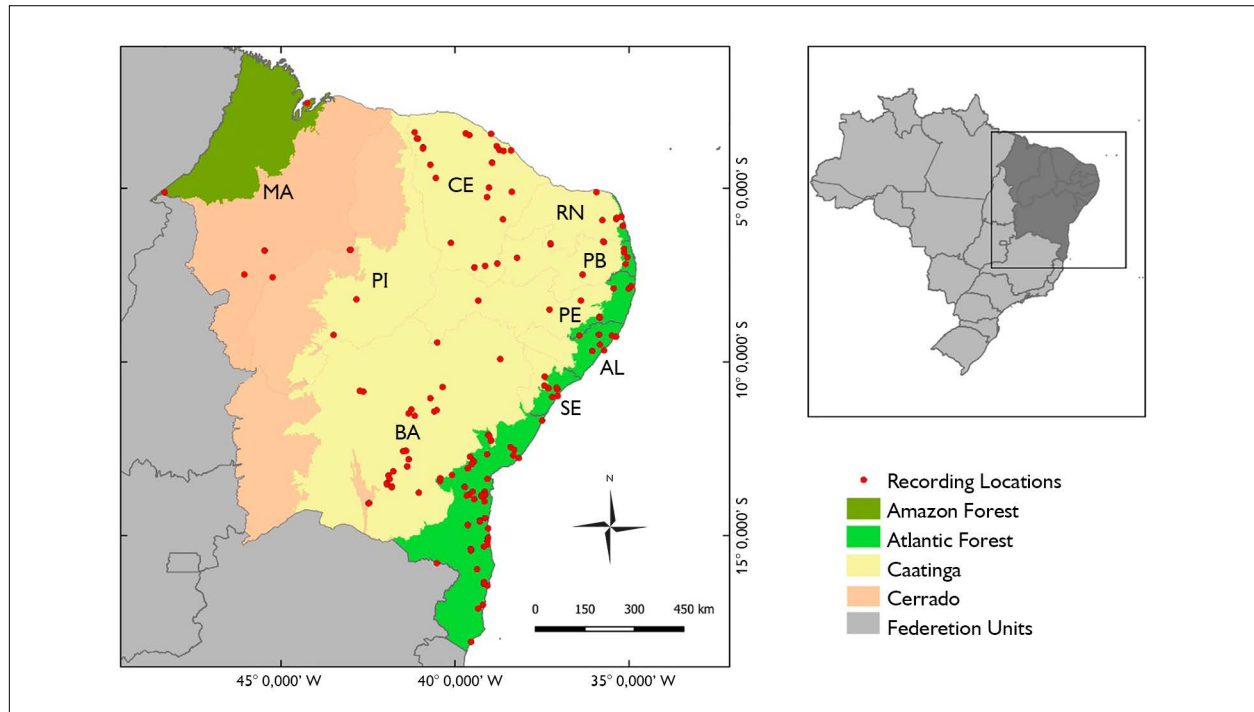


Figure 5. Distribution of geographic locations of recordings of anuran vocalizations in Northeastern Brazil reported in 123 scientific articles published between 2000 and 2020. Legend States: AL = Alagoas; SE = Sergipe; BA = Bahia; CE = Ceará; MA = Maranhão; PB = Paraíba; PE = Pernambuco; RN = Rio Grande do Norte. Map: the authors (2025).

were conducted in Bahia (81 studies, 65,9%), surpassing published data on recordings made in the other eight states combined. Pernambuco and Rio Grande do Norte were the second states with the most publications, with 13 records (10.6%) each. Recordings conducted in the states of and Paraíba were reported in 12 studies (9.8%). The two states with the lowest number of published anuran recordings were Maranhão and Piauí, with recordings proceeding from only three localities in each of these states. Coincidentally, these are the states with the greatest coverage of the least studied Northeastern biomes (*Cerrado* and *Amazon Forest*). More than half of the studies were carried out in the *Atlantic Forest* (57.7%), followed by studies conducted in the semi-arid *Caatinga* (43.9%). Recordings in the *Cerrado* and in the *Amazon Forest* were the least frequent, with 4.9% and 1.6% of publications containing information on vocalizations recorded in these biomes, respectively.

MANAGEMENT AND STORING OF CALL RECORDINGS

The deposit of call recordings into a sound collection or into a zoological collection was reported in less than half of the studies (41.5%). Among the studies that indicated a destination to call recordings, those were deposited in 28 different biological collections or museums, of which 25 (89.3%) were located in Brazil and three (10.7%) were located abroad. Among collections in Brazil, 40% were in education or research institutions in Northeastern Brazil, 40% in the Brazilian Southeast, and 12% in the Midwest. Approximately 8% of the recordings were deposited in the private collection of one of the authors.

RESEARCH AUTHORSHIP

Scientific work on anuran bioacoustics in Northeastern Brazil has been mostly carried out by universities and other education institutions. We identified authors

linked to 52 institutions, including colleges, universities, technical educational institutes, and research institutes distributed in the five Brazilian geographic regions (Northeast, North, Central-West, Southeast, and South). Most studies were produced by authors affiliated to more than one institution. The two institutions with the largest number of publications are located in Southeastern Brazil. Authors affiliated to *Universidade Federal do Rio de Janeiro* were involved in 29 studies (24.4% of the articles), followed by authors affiliated to *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho*, which participated in 23 (19.3%) studies. These were followed by authors affiliated to five universities located in Northeastern Brazil: *Universidade Estadual de Santa Cruz* (22 publications), *Universidade Estadual de Feira de Santana* (21 publications), *Universidade Federal do Rio Grande do Norte* (19 publications), *Universidade Federal da Bahia* and *Universidade Federal da Paraíba* (16 publications each).

Considering collaboration networks based on publications, 35.8% of the studies had the participation of at least one institution located in Northeastern Brazil, 36.6% were produced exclusively by the latter and 27.6% of the studies were carried out by institutions

outside Northeastern Brazil. From 2000 to 2020 there was an increase in the role of Northeastern institutions in anuran bioacoustics studies, most notably between 2011 and 2015, as well as a trend toward a greater proportion of works carried out as collaborations between Northeastern institutions and other national and international institutions (Figure 6). International collaborations were indicated in 17 studies (13.8%). Collaborations between universities and private environmental consulting companies were reported in five studies (4.1%). A single study was conducted as a collaboration between the university and a non-governmental organization.

All studies were conducted by more than one author. Most studies included five or more authors (35%), followed by three authors (30%), two authors (22%), and finally, four authors (13%). There was an increasing trend in the average number of authors per article over the years (Figure 7).

DISCUSSION

In this work we investigated temporal trends in the number and quality of bioacoustics studies addressing vocalizations of anurans recorded in Northeastern Brazil published between 2000 and 2020. We detected an increase in the

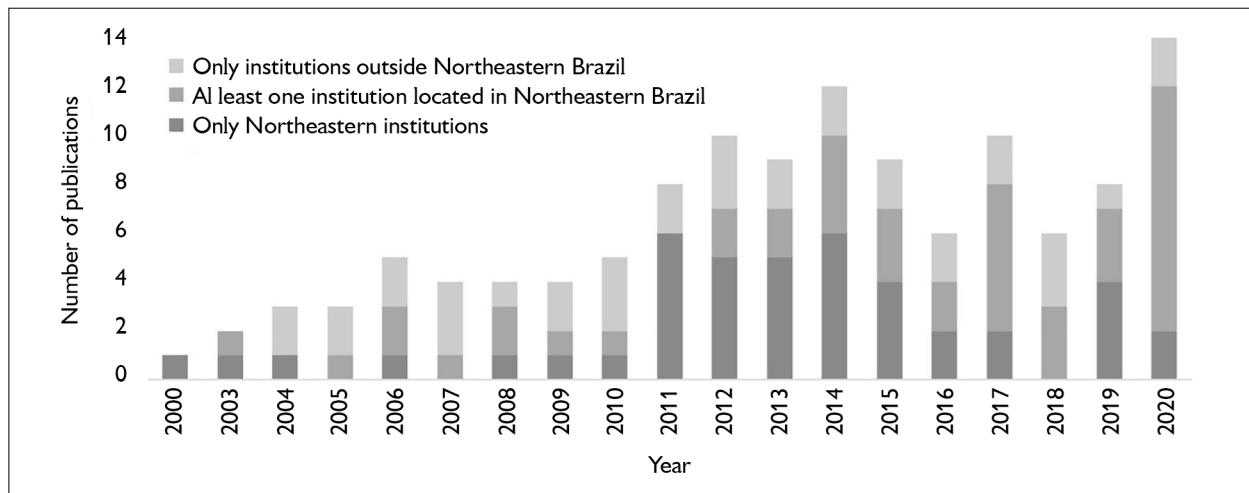


Figure 6. Relative contribution of research or education institutions in Northeastern Brazil, in other regions of Brazil and institutions abroad in authoring scientific articles addressing bioacoustics of anurans of Northeastern Brazil between 2000 and 2020. Graphic: the authors (2025).

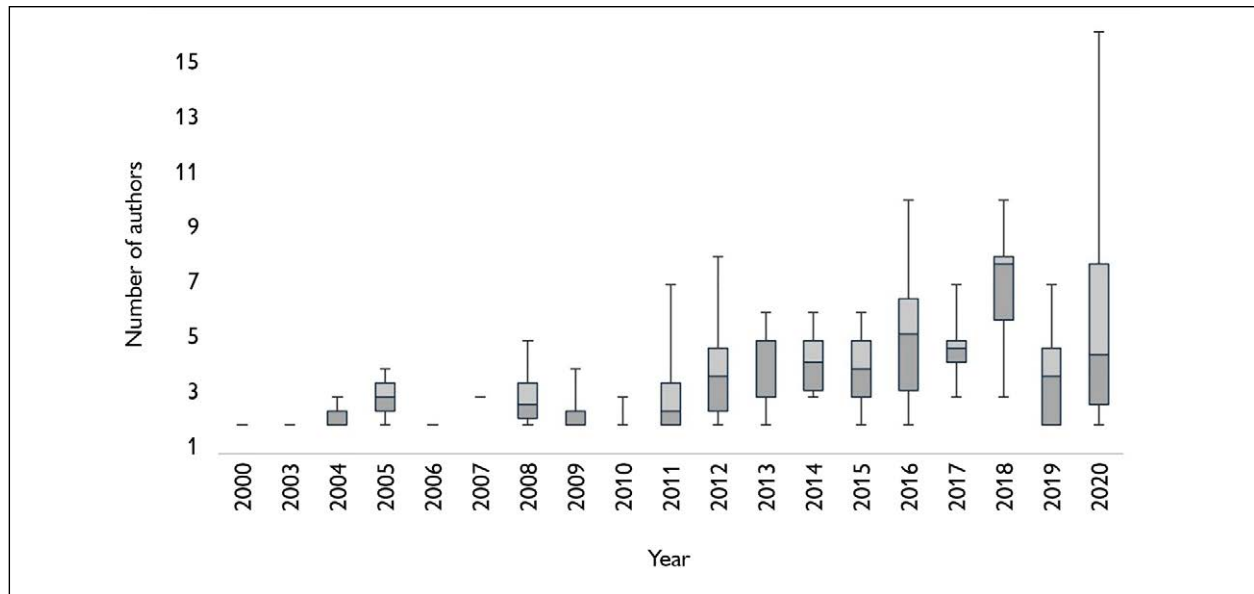


Figure 7. Variation in the number of authors of scientific articles addressing vocalizations of anurans recorded in Brazilian Northeast, published between 2000 and 2020. The interquartile range (box) is divided by the median number of researchers who authored each article (cross line). The upper and lower limits of the vertical black lines indicate the most extreme values. Graphic: the authors (2025).

number of papers published on the subject along the last two decades. Additionally, more recent studies were conducted by a relatively larger number of authors, affiliated to a larger number of education or research institutions, hinting at a temporal trend of increase in collaborative research. On the other hand, more recent articles did not improve in terms of reporting data associated with sound recording procedures in the field, with processing of sound recordings or with archiving of sound files, when compared to earlier studies.

Unfortunately, few studies have focused on the analysis of the quality of the information available in bioacoustics studies, even in animal groups other than anurans. State-of-the-art studies of bioacoustics studies were performed by Becker et al. (2022) and Guerra et al. (2018), but only the last one, which addressed works with anuran advertisement calls, was dedicated to the analysis of the information accessed in the publications. Guerra et al. (2018) also observed great variation in the data available in studies addressing advertisement calls of anurans in Brazil, but they noticed a temporal trend of increase in the metadata.

In relation to basic qualitative and quantitative recording parameters informed in the articles, body-size, sampling size, geographic coordinates and environmental temperature were the least reported. Among these parameters, body size generally determines the fundamental and dominant frequencies of the calls due to allometric relationships with the length of vocal cords (Ramer et al., 1983; Smith & Roberts, 2003; Nali & Prado, 2014). Likewise, environmental temperature directly affects metabolic rates in anurans, reflecting on call parameters such as call rate (Ryan, 1988; Gerhardt & Huber, 2002), call duration (Lingnau & Bastos, 2007; Moser et al., 2022) or call frequency (Kaefer et al., 2012; Moser et al., 2022). Hence, reporting the snout-to-vent length or mass of analyzed specimens and the environmental temperature at the time of recording is fundamental to allow for call comparisons between species or populations (Christensen-Dalsgaard, 2008; Köhler et al., 2017). Information on the recording location is essential for the characterization of local climate since the microhabitat can influence call traits (Röhr & Juncá, 2013; Camurugi et al., 2015; Röhr et al., 2020), in addition to more precisely

delimiting the populations studied. Several studies addressing the phylogeography of Neotropical anurans suggest that geographically widespread taxa actually represent complexes of independent evolutionary lineages or cryptic species (Fouquet et al., 2012; Gehara et al., 2014; Nascimento et al., 2019; Trevisan et al., 2020). Thus, accurately indicating the location of the populations studied can avoid undue comparisons between morphologically similar species, while also reducing the effort spent in finding the referred populations in the future. With technologies as GPS trackers, digital thermometers and digital cameras being increasingly integrated to portable devices, we stress that obtaining the data mentioned above in the field is straightforward, and should be binding to manuscript acceptance by editors and reviewers.

A recent review of publications containing descriptions of anuran advertisement calls in Brazil (Guerra et al., 2018) reported that families Hylidae, Leptodactylidae and Bufonidae were the most recorded in the country. Despite the marked climatic differences among Northeastern Brazil (where hot and dry landscapes are predominant) and other geographic regions, the same families concentrate the largest number of bioacoustical studies, possibly as a result of their overall species diversity. Among the Northeastern Brazilian states, only Pernambuco (SEMAS PE, 2015) and Alagoas (Almeida et al., 2016) have comprehensive lists of anuran fauna occurring in their territory. There are also studies that provide data on anuran diversity by biome (Garda et al., 2017; Abrahão et al., 2019). However, since no biome is exclusive to the Northeast, these studies cannot be used for comparison with our study, which considers the entire Northeast region. Andrade et al. (2020) recognized the populations of *Pithecopus nordestinus* distributed north of the San Francisco River as a distinct taxon, *P. gonzagai*. Thus, studies published until 2020 may have analyzed the former (e.g. Vilaça et al., 2011), the latter (e.g.), or both species (e.g. Röhr et al., 2020). *P. nordestinus* and *P. gonzagai* are arboreal treefrogs whose geographic distribution extends widely across Northeastern Brazil, predominantly in the *Caatinga* and

Atlantic Forest, but also extending into the *Cerrado* biome. After *P. nordestinus* + *P. gonzagai*, *Proceratophrys cristiceps* and *Pseudopaludicola pocoto* were the species studied more frequently. *Pr. cristiceps* had its taxonomy recently revised, and populations previously classified as *Pr. caramaschii* and *Pr. aridus* were considered junior synonyms. This expanded the known geographic distribution of *Pr. cristiceps* across the semi-arid *Caatinga* (Mângia et al., 2020). *Pseudopaludicola pocoto* also occurs across most of the *Caatinga* biome, and their very conspicuous calls makes the species easy to detect (Pereira et al., 2018). High local abundance, wide geographic distribution and very distinctive calls may be related to the relatively large number of papers which sampled these taxonomically unrelated species. An additional possibility is that the three species have extended reproductive seasons, with calling males being found most of the year, but data on interseason variation in call activity is currently lacking for these taxa.

It was expected that most studies in our survey addressed advertisement calls, possibly because of their potential application in taxonomy, which was also the most frequent subject of published articles using advertisement call recordings in our survey. Recording vocalizations not related to reproduction tend to be more costly and time consuming, as they are rarely detected, require more field observations, and sometimes require animal manipulation, as in the case of release calls (Toledo & Haddad, 2009). On the other hand, advertisement calls are frequently emitted, are easy to detect and easy to record (Köhler et al., 2017). However, we stress that the lack of data on other types of calls represents an important caveat to our understanding of complex behavioral interactions in most anuran species, including territoriality, male-male competition, courtship and defense against predators. Thus, studies aiming at the description of call repertoires, based on longer recording sessions, should be encouraged.

The low proportion of studies that deposited their sound recording archives in scientific collections echoed a trend also detected in Guerra et al. (2018) in their work with

advertisement calls. Estimates suggest that, in recent decades, the practice of not depositing sound files in biological collections caused the loss of approximately six million U.S. dollars of investment in research of Brazilian anurans (Dena et al., 2019). The main reasons stated by herpetologists for not depositing the files were the lack of time, lack of knowledge of deposit procedures and the belief that depositing was not necessary (Dena et al., 2019). Recordings not deposited in scientific collections impair the potential for reproducibility of research, and hinder comparative studies. In addition, the biodiversity record for future generations and the information on the potential for evaluations of temporal changes in the acoustic landscape (*sensu* Sugai & Llusia, 2019) is lost. An alternative to encourage researchers to deposit their sound files in scientific collections is the requirement of scientific journals that vocalizations be deposited before the articles are published, which is already being done by some journals, and the adoption of simpler deposit procedures by managers of sound collections.

Bahia is the largest state in Northeastern Brazil (IBGE, 2019) and concentrated most of the anuran recordings studied. However, the distribution of studies among different states was not proportional to their area. The states with the second and third largest territories in Northeastern Brazil, Maranhão and Piauí, were the ones with fewer studies on anuran bioacoustics. The Atlantic Forest is historically the most studied Brazilian biome in terms of anuran species (Guerra et al., 2018; Lima et al., 2019), and it is absent in the latter two states. The Amazon Forest and ecotones between Amazon Forest and *Cerrado* covers approximately 35% of Maranhão (Araujo et al., 2016). But despite their outstanding amphibian diversity and despite being highly studied in other Brazilian geographic regions, the Amazon Forest and *Cerrado* areas in Maranhão are notoriously subsampled for anuran call recordings. Similarly, *Cerrado* regions in the remaining Northeastern states have been widely neglected by researchers. Future recording efforts should prioritize these biomes, potentially filling large biogeographic gaps on bioacoustical data.

Although the most productive institutions in terms of the number of studies on anuran vocalizations in the Northeast are located in Southeastern Brazil, the evaluation of collaboration networks revealed that most studies involved at least one institution located in the Brazilian Northeast, especially from 2011 onwards. Such finding indicates a consistent trend, in recent years, of local universities and research institutions in participating in the production of scientific knowledge in its own territory. As the number of studies also increased considerably in the same interval, this result may be related to the increase in investment in universities and human resources in the region. As identified in report from the *Centro de Gestão e Estudos Estratégicos* (CGEE, 2016), in 1996, the Southeast region held most of the graduate courses in Brazil and was responsible for 68% of the master's degrees and 89% of the doctoral degrees in the country. In 2014, this proportion decreased to 49% and 60%, respectively, as a result of a series of public policies created from 2003 onwards, which resulted in the increase of public universities, the creation of new campuses, and in the qualification of human resources and growth of industrial production in Northeastern Brazil (Silva et al., 2019). In addition to increased resources, research probably also benefited from collaborations among a larger number of institutions and authors. The increase in the number of authors per publications has been reported in several research fields over the last decades (Borenstein & Shamoo, 2015; Fontanarosa et al., 2017). The analysis of large databases, studies of varied cohorts and multidisciplinary approaches are some of the advantages gained from collaborations among many authors (Fontanarosa et al., 2017). In short, the increase in the number of higher education institutions in the Northeast region allowed for the inclusion of these institutions in the network of collaborations with institutions already established and the feasibility of exploring problems in their own ecosystems, which includes the field of anuran bioacoustics.

CONCLUSION

In this study, we summarized the current knowledge on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil, identifying knowledge gaps and many research opportunities. Gaps uncovered here can help selecting target regions and taxa for future studies, in addition to facilitating new research based on call samples already available. We hope that results based on our quality index will help researchers to optimize the information reported in scientific articles and other outlets, in order to ensure replicability and comparison among studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Anna V. A. Mello and Ralph L. de Albuquerque for valuable suggestions that improved this manuscript. We thank J. Henrique de Andrade Lima for assistance with the map. Financial support was provided by Propesqi-UFPE (*Edital Propesqi #07/2020 - Edital Institucional de Produtividade em Pesquisa*).

REFERENCES

- Abrahão, C. R., Moura, G. J. B., Freitas, M. A., & Escarlate-Tavares, F. (2019). *Plano de ação nacional para a conservação da herpetofauna ameaçada da Mata Atlântica nordestina*. ICMBio. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-herpetofauna-do-nordeste/1-ciclo/pan-herpetofauna-do-nordeste-livro.pdf>
- Almeida, J. P. F. A., Nascimento, F. A. C., Torquato, S., Lisboa, B. S., Tiburcio, I. C. S., Palmeira, C. N. S., Lima, M. G., & Mott, T. (2016). Amphibians of Alagoas State, northeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 9, 123-140. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/13116>
- Amézquita, A., Hödl, W., Lima, A. P., Castellanos, L., Erdtmann, L., & Araújo, M. C. (2006). Masking interference and the evolution of the acoustic communication system in the Amazonian dendrobatid frog *Allobates femoralis*. *Evolution*, 60(9), 1874-1887. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb00531.x>
- Amézquita, A., Lima, A. P., Jehle, L., Castellanos, L., Ramos, O., Crawford, A. J., Gasser, H., & Hödl, W. (2009). Calls, colours, shapes, and genes: A multi-trait approach to the study of geographic variation in the Amazonian frog *Allobates femoralis*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98(4), 826-838. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01324.x>
- Andrade, F. S., Haga, I. A., Ferreira, J. S., Recco-Pimentel, S. M., Toledo, L. F., & Bruschi, D. P. (2020). A new cryptic species of *Pithecopus* (Anura, Phyllomedusidae) in north-eastern Brazil. *European Journal of Taxonomy*, 723(1), 108-134. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.723.1147>
- Araújo, L. S., Silva, G. B. S., Torresan, F. E., Victoria, D. D. C., Vicente, L. E., Bolfé, E. L., & Manzatto, C. (2016). *Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais* (Série Documentos). Embrapa Meio Ambiente. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1069715>
- Bang, D. L., Lisboa, B. S., Teixeira, B. F. V., Giaretta, A. A., & Carvalho, T. R. (2020). A comparative acoustic analysis of species of *Vitreorana* (Anura: Centrolenidae) from the Brazilian Atlantic Forest and Cerrado, with a description of the call of *V. baliomma* and insights into the taxonomic status of Cerrado populations. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 19(1), 35-47. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v19i1p35-47>
- Becker, F. K., Shabangu, F. W., Gridley, T., Wittmer, H. U., & Marsland, S. (2022). Sounding out a continent: seven decades of bioacoustics research in Africa. *Bioacoustics*, 31(6), 646-667. <https://doi.org/10.1080/09524622.2021.2021987>
- Bee, M. A., & Swanson, E. M. (2007). Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. *Animal Behaviour*, 74(6), 1765-1776. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.03.019>
- Borenstein, J., & Shamoo, A. E. (2015). Rethinking authorship in the era of collaborative research. *Accountability in Research*, 22(5), 267-283. <https://doi.org/10.1080/08989621.2014.968277>
- Brandão, R. A., Álvares, G. F., Crema, A., & Zerbini, G. J. (2009). Natural history of *Phyllomedusa centralis* Bokermann 1965 (Anura: Hylidae: Phyllomedusinae): tadpole and calls. *South American Journal of Herpetology*, 4(1), 61-68. <https://doi.org/10.2994/057.004.0108>
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2022, 7 jun.). Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022. *Diário Oficial da União*. <https://in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>
- Camurugi, F., Röhr, D. L., & Juncá, F. A. (2015). Differences in advertisement calls and vocal behavior in *Hypsiboas atlanticus* (Anura: Hylidae) among microhabitats. *Herpetologica*, 71(4), 243-251. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-14-00070>
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). (2016). *Mestres e doutores 2015 - estudos da demografia da base técnico-científica brasileira*. <https://www.cgee.org.br/web/rhcti/mestres-e-doutores-2015>
- Christensen-Dalsgaard, J. (2008). Amphibian bioacoustics. In D. Havelock, S. Kuwano, & M. Vorländer (Eds.), *Handbook of signal processing in acoustics* (pp. 1861-1885). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30441-0_102

- Clarivate. (n.d.). *Web of Science*. <https://www.webofknowledge.com/>
- Costa, S. M., & Dias, E. J. R. (2019). Comportamento territorial, vocalização e biologia reprodutiva de *Allobates olfersioides* (Anura: Aromobatidae). *Iheringia, Série Zoologia*, 109, e2019031. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019031>
- Dena, S., Rebouças, R., Augusto-Alves, G., Zornosa-Torres, C., Pontes, M. R., & Toledo, L. F. (2019). How much are we losing in not depositing anuran sound recordings in scientific collections? *Bioacoustics*, 29(5), 590-601. <https://doi.org/10.1080/09524622.2019.1633567>
- Fletcher, N. H. (2014). *Animal bioacoustics*. In T. D. Rossing (Ed.), *Springer Handbook of Acoustics* (pp. 821–841). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0755-7_19
- Fontanarosa, P., Bauchner, H., & Flanagan, A. (2017). Authorship and team science. *Jama*, 318(24), 2433-2437. <http://doi.org/10.1001/jama.2017.19341>
- Forti, L. R., Zornosa-Torres, C., Márquez, R., & Toledo, L. F. (2018). Ancestral state, phylogenetic signal and convergence among anuran distress calls. *Zoologischer Anzeiger*, 274, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2018.02.004>
- Fouquet, A., Loebmann, D., Castroviejo-Fisher, S., Padial, J. M., Orrico, V. G., Lyra, M. L., Roberto, I. J., Kok, P. J. R., Haddad, C. F. B., & Rodrigues, M. T. (2012). From Amazonia to the Atlantic forest: Molecular phylogeny of Phyzelaphryninae frogs reveals unexpected diversity and a striking biogeographic pattern emphasizing conservation challenges. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65(2), 547-561. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.07.012>
- Frost, D. R. (Ed.). (2024). *AmphibiaWeb*. University of California. <https://amphibiaweb.org>
- Garda, A. A., Stein, M. G., Machado, R. B., Lion, M. B., Juncá, F. A., & Napoli, M. F. (2017). Ecology, biogeography, and conservation of amphibians of the Caatinga. In J. M. C. Silva, I. R. Leal, & M. Tabarelli (Eds.), *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America* (pp. 133-149). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_5
- Garda, A. A., Lion, M. B., Lima, S. M. D. Q., Mesquita, D. O., Araújo, H. F. P. D., & Napoli, M. F. (2018). Os animais vertebrados do bioma Caatinga. *Ciência e Cultura*, 70(4), 29-34. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400010>
- Gehara, M., Crawford, A. J., Orrico, V. G., Rodriguez, A., Loetters, S., Fouquet, A., Barrientos, K. S., Brusquetti, F., De la Riva, I., Ernst, R., Urrutia, G. G., Glaw, F., Guayasamin, J. M., Hölting, M., Jansen, M., Kok, P. J. R., Kwet, A., Lingnau, R., Lyra, M., . . . Köhler, J. (2014). High levels of diversity uncovered in a widespread nominal taxon: continental phylogeography of the Neotropical tree frog *Dendropsophus minutus*. *PLoS ONE*, 9(9), e103958. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103958>
- Gerhardt, H. C., & Huber, F. (2002). *Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions*. University of Chicago Press.
- Google. (n.d.). *Google Scholar*. <https://scholar.google.com.br>
- Goutte, S., Dubois, A., Howard, S. D., Márquez, R., Rowley, J. J., Dehling, J. M. P., Grandcolas, P., Xiong, R. C., & Legendre, F. (2018). How the environment shapes animal signals: a test of the Acoustic Adaptation Hypothesis in frogs. *Journal of Evolutionary Biology*, 31(1), 148-158. <https://doi.org/10.1111/jeb.13210>
- Guerra, V., Llusia, D., Gambale, P. G., Morais, A. R. D., Márquez, R., & Bastos, R. P. (2018). The advertisement calls of Brazilian anurans: Historical review, current knowledge and future directions. *PLoS ONE*, 13(1), e0191691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191691>
- Heyer, W. R., & Carvalho, C. M. (2000). Calls and calling behaviour of the frog *Leptodactylus natalensis* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113(1), 284-290.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) & Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). (2004). *Mapa de biomas do Brasil - primeira aproximação*. IBGE/MMA.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2017). *Bases cartográficas contínuas - Brasil*. IBGE. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019). *Bases cartográficas contínuas*. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomas.html>
- Kaefer, I. L., Tsuji-Nishikido, B. M., & Lima, A. P. (2012). Beyond the river: underlying determinants of population acoustic signal variability in Amazonian direct-developing *Allobates* (Anura: Dendrobatoidea). *Acta Ethologica*, 15(2), 187-194. <https://doi.org/10.1007/s10211-012-0126-0>
- Köhler, J., Jansen, M., Rodriguez, A., Kok, P. J., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C. F. B., Rödel, M., & Vences, M. (2017). The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251(1), 1-124. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4251.1.1>
- Laiolo, P. (2010). The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. *Biological Conservation*, 143(7), 1635-1645. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.025>
- Lima, M. S. C. S., Pederassi, J., Pineschi, R. B., & Barbosa, D. B. S. (2019). Acoustic niche partitioning in an anuran community from the municipality of Florianópolis, Piauí, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 566-576. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180399>

- Lingnau, R., & Bastos, R. P. (2007). Vocalizations of the Brazilian torrent frog *Hylodes heyeri* (Anura: Hylodidae): Repertoire and influence of air temperature on advertisement call variation. *Journal of Natural History*, 41(17-20), 1227-1235. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930701395626>
- Malagoli, L. R., Pezzuti, T. L., Bang, D. L., Faivovich, J., Lyra, M. L., Giovanelli, J. G. R., Garcia, P. C. A., Sawaya, R. J., & Haddad, C. F. B. (2021). A new reproductive mode in anurans: Natural history of *Bokermannohyla astartea* (Anura: Hylidae) with the description of its tadpole and vocal repertoire. *PLoS ONE*, 16(2), e0246401. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246401>
- Mângia, S., Camurugi, F., Pereira, E. A., Carvalho, P., Röhr, D. L., Folly, H., & Santana, D. J. (2019). Release calls of four species of Phyllomedusidae (Amphibia, Anura). *Herpetozoa*, 32, 77-81. <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.32.e35729>
- Mângia, S., Oliveira, E. F., Santana, D. J., Koroiva, R., Paiva, F., & Garda, A. A. (2020). Revising the taxonomy of *Proceratophrys Miranda-Ribeiro*, 1920 (Anura: Odontophrynidae) from the Brazilian semiarid Caatinga: Morphology, calls and molecules support a single widespread species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 58(4), 1151-1172. <http://dx.doi.org/10.1111/jzs.12365>
- Moser, C. F., Schuck, L. K., Olmedo, G. M., & Lingnau, R. (2022). Individual variation in the advertisement call of *Aplastodiscus albosignatus* (Anura: Hylidae) is correlated with body size and environmental temperature. *Zoologia (Curitiba)*, 39, e21008. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689.v39.e21008>
- Nali, R. C., & Prado, C. P. (2014). Complex call with different messages in *Bokermannohyla ibitiguara* (Anura, Hylidae), a gladiator frog of the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, 48(3), 407-414. <https://doi.org/10.1670/13-090>
- Nascimento, J., Lima, J. D., Suarez, P., Baldo, D., Andrade, G. V., Pierson, T. W., Fitzpatrick, B. M., Haddad, C. F. B., Recco-Pimentel S. M., & Lourenco, L. B. (2019). Extensive cryptic diversity within the *Physalaemus cuvieri*-*Physalaemus ephippifer* species complex (Amphibia, Anura) revealed by cytogenetic, mitochondrial, and genomic markers. *Frontiers in Genetics*, 10, 719. <https://doi.org/10.3389/fgen.2019.00719>
- Noda, J. J., Sánchez-Rodríguez, D., & Travieso-González, C. M. (2018). A methodology based on bioacoustic information for automatic identification of reptiles and anurans. In D. R. Aguillón Gutiérrez (Ed.), *Reptiles and Amphibians* (pp. 67-84). InTech. <http://doi.org/10.5772/intechopen.74333>
- Obrist, M. K., Pavan, G., Sueur, J., Riede, K., Llusia, D., & Márquez, R. (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. *Abc Taxa*, 8(2010), 68-99.
- Penar, W., Magiera, A., & Klocek, C. (2020). Applications of bioacoustics in animal ecology. *Ecological Complexity*, 43, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100847>
- Pereira, E. A., Folly, H., Rebouças, R., & Santana, D. J. (2018). Distribution extension, geographic distribution maps and comments on the advertisement call of *Pseudopaludicola pocoto* Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad and Garda, 2014 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae). *Herpetology Notes*, 11, 1055-1059. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/31983>
- Pimenta, B. V. S., Nunes, I., & Cruz, C. A. G. (2007). Notes on the poorly known Phyllomedusine frog *Hylomantis aspera* Peters, 1872 (Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 2(3), 206-214. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2007\)2\[206:NOTPKP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2007)2[206:NOTPKP]2.0.CO;2)
- Protázio, A. S., Albuquerque, R. L., Falkenberg, L. M., & Mesquita, D. O. (2014). Acoustic ecology of an anuran assemblage in the arid Caatinga of northeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 49(15-16), 957-976. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.931482>
- Protázio, A. S., Protázio, A. S., & Mesquita, D. O. (2019). Niche partitioning between two *Physalaemus* species (Anura, Leptodactylidae) in semiarid Caatinga in Northeast Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 15(2), 157-167. https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v15n2/nwjz_e191501_Protazio.pdf
- QGIS.org. (n.d.). *QGIS Geographic Information System*. <https://qgis.org/>
- Rakotoarison, A., Scherz, M. D., Glaw, F., Koehler, J., Andreone, F., Franzen, M., Glos, J., Hawlitschek, O., Jono, T., Mori, A., Ndirantsoa, S. H., Raminosoa, N. R., Riemann, J. C., Rödel, M., Rosa, G. M., Vieites, D. R., Crottini, A., & Vences, M. (2017). Describing the smaller majority: integrative taxonomy reveals twenty-six new species of tiny microhylid frogs (genus *Stumpffia*) from Madagascar. *Vertebrate Zoology*, 67(3), 271-398. <https://doi.org/10.3897/vz.67.e31595>
- Ramer, J. D., Jenssen, T. A., & Hurst, C. J. (1983). Size-related variation in the advertisement call of *Rana clamitans* (Anura: Ranidae), and its effect on conspecific males. *Copeia*, (1), 141-155. <https://doi.org/10.2307/1444708>
- Röhr, D. L., & Juncá, F. A. (2013). Micro-habitat influence on the advertisement call structure and sound propagation efficiency of *Hypsiboas crepitans* (Anura: Hylidae). *Journal of Herpetology*, 47(4), 549-554. <http://dx.doi.org/10.1670/10-210>
- Röhr, D. L., Camurugi, F., Martinez, P. A., Sousa-Lima, R. S., Juncá, F. A., & Garda, A. A. (2020). Habitat-dependent advertisement call variation in the monkey frog *Phyllomedusa nordestina*. *Ethology*, 126(6), 651-659. <https://doi.org/10.1111/eth.13017>
- Ryan, M. J. (1988). Energy, calling, and selection. *American Zoologist*, 28(3), 885-898. <https://doi.org/10.1093/icb/28.3.885>
- Scientific Electronic Library Online (SciELO). (n.d.). <https://www.scielo.org/>

- Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco (SEMAS PE). (2015). Resolução SEMAS nº 1 de 09/01/2015. Reconhece como espécies de anfíbios da fauna pernambucana ameaçadas de extinção aquelas constantes da lista oficial e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado*. <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280590#>
- Segalla, M. V., Berneck, B., Canedo, C., Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Garcia, P. C., Grant, T., Haddad, C. F. B., Lourenço, A. C. C., Mângia, S., Mott, T., Nascimento, L. B., Toledo, L. F., Werneck, F. P., & Langone, J. A. (2021). Brazilian amphibians: list of species. *Herpetologia Brasileira*, 10(1), 121-216.
- Silva, T. S., Milani, A. M. R., & Antunes, V. N. B. (2019). Análise regional das políticas de apoio à C, T&I: um estudo preliminar da estrutura científica e tecnológica do Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, 50(3), 107-123. <https://doi.org/10.61673/ren.2019.923>
- Silva-Filho, I. S. N., & Juncá, F. A. (2006). Evidence of full species status of the neotropical leaf-frog *Phyllomedusa burmeisteri bahiana* (A. Lutz, 1925) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Zootaxa*, 1113(1), 51-64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1113.1.5>
- Simões, P. I., Stow, A., Hödl, W., Amézquita, A., Farias, I. P., & Lima, A. P. (2014). The value of including intraspecific measures of biodiversity in environmental impact surveys is highlighted by the Amazonian brilliant-thighed frog (*Allobates femoralis*). *Tropical Conservation Science*, 7(4), 811-828. <https://doi.org/10.1177/194008291400700416>
- Smith, M. J., & Roberts, J. D. (2003). Call structure may affect male mating success in the quacking frog *Crinia georgiana* (Anura: Myobatrachidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 53(4), 221-226. <https://www.jstor.org/stable/4602206>
- Sugai, L. S. M., & Llusia, D. (2019). Bioacoustic time capsules: Using acoustic monitoring to document biodiversity. *Ecological Indicators*, 99, 149-152. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.021>
- Toledo, L. F., Fernando, C., & Haddad, B. (2009). Defensive vocalizations of Neotropical anurans. *South American Journal of Herpetology*, 4(1), 25-42. <https://doi.org/10.2994/057.004.0104>
- Toledo, L. F., Martins, I. A., Bruschi, D. P., Passos, M. A., Alexandre, C., & Haddad, C. F. (2014). The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethologica*, 18(2), 87-99. <https://doi.org/10.1007/s10211-014-0194-4>
- Trevisan, C. C., Batalha-Filho, H., Garda, A. A., Menezes, L., Dias, I. R., Solé, M., Canedo, C., Juncá, F. A., & Napoli, M. F. (2020). Cryptic diversity and ancient diversification in the northern Atlantic Forest *Pristimantis* (Amphibia, Anura, Craugastoridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 148, 106811. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2020.106811>
- Vacher, J. P., Kok, P. J., Rodrigues, M. T., Lima, J. D., Lorenzini, A., Martinez, Q., Fallet, M., Courtois, E. A., Blanc, M., Gaucher, P., Dewynter, M., Jairam, R., Ouboter, P., Thébaud, C., & Fouquet, A. (2017). Cryptic diversity in Amazonian frogs: Integrative taxonomy of the genus *Anomaloglossus* (Amphibia: Anura: Aromobatidae) reveals a unique case of diversification within the Guiana Shield. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 112, 158-173. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.04.017>
- Vallee, M. (2017). The science of listening in bioacoustics research: Sensing the animals' sounds. *Theory, Culture & Society*, 35(2), 47-65. <https://doi.org/10.1177/0263276417727059>
- Vilaça, T. R. A., Silva, J. R. S., & Solé, M. (2011). Vocalization and territorial behaviour of *Phyllomedusa nordestina* Caramaschi, 2006 (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *Journal of Natural History*, 45(29-30), 1823-1834. <https://doi.org/10.1080/00222933.2011.561018>
- Vilela, B., Lisboa, B. S., & Nascimento, F. A. C. D. (2014). Reproduction of *Agalychnis granulosa* Cruz, 1989 (Anura: Hylidae). *Journal of Natural History*, 49(11-12), 709-717. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.897764>
- Wells, K. D., & Schwartz, J. J. (2007). The behavioral ecology of anuran communication. In P. M. Narins, A. S. Feng, R. R. Fay, & A. N. Popper (Eds.), *Hearing and sound communication in amphibians* (pp. 44-86). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-47796-1_3
- Zhang, F., Chen, P., Chen, Z., & Zhao, J. (2015). Ultrasonic frogs call at a higher pitch in noisier ambiance. *Current Zoology*, 61(6), 996-1003. <https://doi.org/10.1093/czoolo/61.6.996>

AUTHORS' CONTRIBUTION

L. C. Moura contributed to conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, software and writing (original draft); and P. I. Simões contributed to conceptualization, formal analysis, investigation, methodology, supervision and writing (review and editing).

Appendix 1. List of species from the Northeast region of Brazil with vocalizations analyzed in studies published in scientific journals. (Continue)

Family	Species
Allophrynidae	<i>Allophryne relict</i> Caramaschi, Orrico, Faivovich, Dias, and Solé, 2013
Aromobatidae	<i>Allobates olfersioides</i> (Lutz, 1925)
Bufonidae	<i>Frostius erythrophthalmus</i> Pimenta and Caramaschi, 2007
	<i>Frostius pernambucensis</i> (Bokermann, 1962)
	<i>Rhinella casconi</i> Roberto, Brito, and Thomé, 2014
	<i>Rhinella crucifer</i> (Wied-Neuwied, 1821)
	<i>Rhinella dapsilis</i> (Myers and Carvalho, 1945)
	<i>Rhinella diptycha</i> (Cope, 1862)
	<i>Rhinella granulosa</i> (Spix, 1824)
	<i>Rhinella hoogmoedi</i> Caramaschi and Pombal, 2006
Centrolenidae	<i>Vitreorana baliomma</i> Pontes, Caramaschi, and Pombal, 2014
Ceratophryidae	<i>Ceratophrys joazeirensis</i> Mercadal de Barrio, 1986
Craugastoridae	<i>Haddadus aramunha</i> (Cassimiro, Verdade, and Rodrigues, 2008)
	<i>Haddadus binotatus</i> (Spix, 1824)
Eleutherodactylidae	<i>Adelophryne maranguapensis</i> Hoogmoed, Borges, and Cascon, 1994
	<i>Adelophryne mucronata</i> Lourenço-de-Moraes, Solé, and Toledo, 2012
	<i>Bahius bilineatus</i> (Bokermann, 1975)
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca fissipes</i> (Boulenger, 1888)
	<i>Gastrotheca recava</i> Teixeira, Vechio, Recoder, Carnaval, Strangas, Damasceno, Sena, and Rodrigues, 2012
Hylidae	<i>Aplastodiscus ibirapitanga</i> (Cruz, Pimenta, and Silvano, 2003)
	<i>Aplastodiscus sibilatus</i> (Cruz, Pimenta, and Silvano, 2003)
	<i>Boana atlantica</i> (Caramaschi and Velosa, 1996)
	<i>Boana crepitans</i> (Wied-Neuwied, 1824)
	<i>Boana exastis</i> (Caramaschi and Rodrigues, 2003)
	<i>Boana freicanecae</i> (Carnaval and Peixoto, 2004)
	<i>Boana pombali</i> (Caramaschi, Pimenta, and Feio, 2004)
	<i>Boana raniceps</i> (Cope, 1862)
	<i>Bokermannohyla capra</i> Napoli and Pimenta, 2009
	<i>Bokermannohyla diamantina</i> Napoli and Juncá, 2006
	<i>Bokermannohyla flavopicta</i> Leite, Pezzuti, and Garcia, 2012
	<i>Bokermannohyla itapoty</i> Lugli and Haddad, 2006
	<i>Bokermannohyla juiju</i> Faivovich, Lugli, Lourenço, and Haddad, 2009
	<i>Bokermannohyla lucianae</i> (Napoli and Pimenta, 2003)
	<i>Bokermannohyla oxente</i> Lugli and Haddad, 2006
	<i>Dendropsophus branneri</i> (Cochran, 1948)
	<i>Dendropsophus elegans</i> (Wied-Neuwied, 1824)
	<i>Dendropsophus haddadi</i> (Bastos and Pombal, 1996)

Appendix 1.

(Continue)

Family	Species
Hylidae	<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters, 1872)
	<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)
	<i>Dendropsophus nekronastes</i> Dias, Haddad, Argôlo, and Orrico, 2017
	<i>Dendropsophus novaisi</i> (Bokermann, 1968)
	<i>Dendropsophus oliveirai</i> (Bokermann, 1963)
	<i>Dendropsophus studerae</i> (Carvalho-e-Silva, Carvalho-e-Silva, and Izecksohn, 2003)
	<i>Hylomantis aspera</i> Peters, 1873
	<i>Hylomantis granulosa</i> (Cruz, 1989)
	<i>Julianus camposseabrai</i> (Bokermann, 1968)
	<i>Nyctimantis arapapa</i> (Pimenta, Napoli, and Haddad, 2009)
	<i>Oloolygon agilis</i> (Cruz and Peixoto, 1983)
	<i>Oloolygon strigilata</i> (Spix, 1824)
	<i>Phasmahyla timbo</i> Cruz, Napoli, and Fonseca, 2008
	<i>Phasmahyla spectabilis</i> Cruz, Feio, and Nascimento, 2008
	<i>Phyllodytes acuminatus</i> Bokermann, 1966
	<i>Phyllodytes amadoi</i> Vörös, Dias, and Solé, 2017
	<i>Phyllodytes edelmoi</i> Peixoto, Caramaschi, and Freire, 2003
	<i>Phyllodytes gyrinaethes</i> Peixoto, Caramaschi, and Freire, 2003
	<i>Phyllodytes kautskyi</i> Peixoto and Cruz, 1988
	<i>Phyllodytes magnus</i> Dias, Novaes-e-Fagundes, Mollo, Zina, Garcia, Recoder, Vechio, Rodrigues, and Solé, 2020
	<i>Phyllodytes megatympanum</i> Marciano, Lantyer-Silva, and Solé, 2017
	<i>Phyllodytes melanomystax</i> Caramaschi, Silva, and Britto-Pereira, 1992
	<i>Phyllodytes praeceptor</i> Orrico, Dias, and Marciano, 2018
	<i>Phyllodytes tuberculosus</i> Bokermann, 1966
	<i>Phyllodytes wuchereri</i> (Peters, 1873)
	<i>Phyllomedusa bahiana</i> Lutz, 1925
	<i>Pithecopus gonzagai</i> Andrade, Haga, Ferreira, Recco-Pimentel, Toledo, and Bruschi, 2020
	<i>Pithecopus nordestinus</i> (Caramaschi, 2006)
	<i>Scinax alter</i> (Lutz, 1973)
	<i>Scinax auratus</i> (Wied-Neuwied, 1821)
	<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)
	<i>Scinax cretatus</i> Nunes and Pombal, 2011
	<i>Scinax eurydice</i> (Bokermann, 1968)
	<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)
	<i>Scinax juncae</i> Nunes and Pombal, 2010
	<i>Scinax montivagus</i> Juncá, Napoli, Nunes, Mercês, and Abreu, 2015
	<i>Scinax pachycrus</i> (Miranda-Ribeiro, 1937)
	<i>Scinax ruber</i> (Laurenti, 1768)



Appendix 1.

(Continue)

Family	Species
Hylidae	<i>Sphaenorhynchus cammaeus</i> Roberto, Araujo-Vieira, Carvalho-e-Silva, and Ávila, 2017
	<i>Sphaenorhynchus mirim</i> Caramaschi, Almeida, and Gasparini, 2009
	<i>Sphaenorhynchus palustris</i> Bokermann, 1966
	<i>Trachycephalus atlas</i> Bokermann, 1966
Leptodactylidae	<i>Adenomera saci</i> Carvalho and Giaretta, 2013
	<i>Leptodactylus caatingae</i> Heyer and Juncá, 2003
	<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)
	<i>Leptodactylus luctator</i> (Hudson, 1892)
	<i>Leptodactylus macrosternum</i> Miranda-Ribeiro, 1926
	<i>Leptodactylus natalensis</i> Lutz, 1930
	<i>Leptodactylus oreomantis</i> Carvalho, Leite, and Pezzuti, 2013
	<i>Leptodactylus payaya</i> Magalhães, Lyra, Carvalho, Baldo, Brusquetti, Burella, Colli, Gehara, Giaretta, Haddad, Langone, López, Napoli, Santana, de Sá, and Garda, 2020
	<i>Leptodactylus jolyi</i> Sazima and Bokermann 1978
	<i>Leptodactylus troglodytes</i> Lutz, 1926
	<i>Leptodactylus vastus</i> Lutz, 1930
	<i>Physalaemus aguirrei</i> Bokermann, 1966
	<i>Physalaemus albifrons</i> (Spix, 1824)
	<i>Physalaemus caete</i> Pombal and Madureira, 1997
	<i>Physalaemus camacan</i> Pimenta, Cruz, and Silvano, 2005
	<i>Physalaemus cicada</i> Bokermann, 1966
	<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826
	<i>Physalaemus erikae</i> Cruz and Pimenta, 2004
	<i>Physalaemus kroyeri</i> (Reinhardt and Lütken, 1862)
	<i>Physalaemus nattereri</i> (Steindachner, 1863)
	<i>Pleurodema diplolister</i> (Peters, 1870)
	<i>Pseudopaludicola canga</i> Giaretta and Kokubum, 2003
	<i>Pseudopaludicola florencei</i> Andrade, Haga, Lyra, Leite, Kwet, Haddad, Toledo, and Giaretta, 2018
	<i>Pseudopaludicola jaredi</i> Andrade, Magalhães, Nunes-de-Almeida, Veiga-Menoncello, Santana, Garda, Loebmann, Recco-Pimentel, Giaretta, and Toledo, 2016
	<i>Pseudopaludicola mystacalis</i> (Cope, 1887)
	<i>Pseudopaludicola pocoto</i> Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad, and Garda, 2014
	<i>Rupirana cardosoi</i> Heyer, 1999
Microhylidae	<i>Chiasmocleis cordeiroi</i> Caramaschi and Pimenta, 2003
	<i>Chiasmocleis crucis</i> Caramaschi and Pimenta, 2003
	<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)
	<i>Elachistocleis piauienses</i> Caramaschi and Jim, 1983

Appendix 1. (Conclusion)

Family	Species
Odontophrynidae	<i>Macrogenioglottus alipioi</i> Carvalho, 1946
	<i>Proceratophrys ararype</i> Mângia, Koroiva, Nunes, Roberto, Ávila, Sant'Anna, Santana, and Garda, 2018
	<i>Proceratophrys cristiceps</i> (Müller, 1883)
	<i>Proceratophrys minuta</i> Napoli, Cruz, Abreu, and Del Grande, 2011
	<i>Proceratophrys redacta</i> Teixeira, Amaro, Recoder, Vechio, and Rodrigues, 2012
	<i>Proceratophrys renalis</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)
	<i>Proceratophrys sanctaritae</i> Cruz and Napoli, 2010
Strabomantide	<i>Pristimantis ramagii</i> (Boulenger, 1888)
	<i>Pristimantis rupicola</i> Taucce, Nascimento, Trevisan, Leite, Santana, Haddad, and Napoli, 2020

Appendix 2. Analyzed publications.

(Continue)

- Abrunhosa, P. A., Pimenta, B. V. S., Cruz, C. A. G., & Haddad, C. F. B. (2005). Advertisement calls of species of the *Hyla albosignata* group (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional*, 63(2), 275-282. <https://biostor.org/reference/248131>
- Amorim, F. O., Schmaltz-Peixoto, K. E., Araújo, L. C. S. S., & Santos, E. M. (2009). Temporada e turno de vocalização de *Leptodactylus natalensis* Lutz, 1930 (Amphibia, Anura) na mata atlântica de Pernambuco, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 49(1), 1-7. <https://doi.org/10.1590/S0031-10492009000100001>
- Andrade, F. S., Haga, I. A., Ferreira, J. S., Recco-Pimentel, S. M., Toledo, L. F., & Bruschi, D. P. (2020). A new cryptic species of *Pithecopus* (Anura, Phyllomedusidae) in north-eastern Brazil. *European Journal of Taxonomy*, 723(1), 108-134. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.723.1147>
- Andrade, F. S., Haga, I. A., Lyra, M. L., Leite, F. S. F., Kwet, A., Haddad, C. F. B., Toledo, L. F., & Giaretta, A. A. (2018). A new species of *Pseudopaludicola* Miranda-Ribeiro (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae) from eastern Brazil, with novel data on the advertisement call of *Pseudopaludicola falcipes* (Hensel). *Zootaxa*, 4433(1), 71-100. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4433.1.4>
- Andrade, F. S., Leite, F. F., Carvalho, T., Bernardes, C. S., & Giaretta, A. (2017). First record of *Pseudopaludicola pocoto* Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad & Garda, 2014 (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae) in Bahia state, northeastern Brazil, with further data on its advertisement call. *Check List*, 13(1), 1-4. <https://doi.org/10.15560/13.1.2047>
- Andrade, F. S., Magalhaes, F. M., Nunes-de-Almeida, C. H. L., Veiga-Menoncello, A. C. P., Santana, D. J., Garda, A. A., Loebmann, D., Recco-Pimentel, S. M., Giaretta, A. A., & Toledo, L. F. (2016). A new species of long-legged *Pseudopaludicola* from northeastern Brazil (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae). *Salamandra*, 52(2), 107-124.
- Araújo, K. C., Santos, M. V., Lima, T. G. P., Andrade, E. B., & Weber, L. N. (2015). First record of *Adenomera saci* Carvalho & Giaretta, 2013 (Anura: Leptodactylidae) for the State of Maranhão, Northeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 183-185. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/9742>
- Araujo-Vieira, K., Pombal Jr., J. P., Caramaschi, U., Novaes-e-Fagundes, G., Orrico, V. G. D., & Faivovich, J. (2020). A neotype for *Hyla x-signata* Spix, 1824 (Amphibia, Anura, Hylidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 60, e20206056. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2020.60.56>
- Ávila, R. W., Pansonato, A., Perez, R., Carvalho, V. T., Roberto, I. J., Morais, D. H., Almeida, A. P., Rojas, R., Gordo, M., & Farias, I. P. (2018). On *Rhinella gildae* Vaz-Silva, Maciel, Bastos Pombal 2015 (Anura: Bufonidae): Phylogenetic relationship, morphological variation, advertisement and release calls and geographic distribution. *Zootaxa*, 4462(2), 274-290. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4462.2.9>
- Bang, D. L., Lisboa, B. S., Teixeira, B. F. V., Giaretta, A. A., & Carvalho, T. R. (2020). A comparative acoustic analysis of species of *Vitreorana* (Anura: Centrolenidae) from the Brazilian Atlantic Forest and Cerrado, with a description of the call of *V. baliomma* and insights into the taxonomic status of Cerrado populations. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 19(1), 35-47. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v19i1p35-47>
- Campos, T. F., Lima, M. G., Nascimento, F. A. C. D., & Santos, E. M. (2014). Larval morphology and advertisement call of *Phyllodytes acuminatus* Bokermann, 1966 (Anura: Hylidae) from Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3779(1), 93-100. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3779.1.10>
- Camurugi, F., Röhr, D. L., & Juncá, F. A. (2015). Differences in advertisement calls and vocal behavior in *Hypsiboas atlanticus* (Anura: Hylidae) among microhabitats. *Herpetologica*, 71(4), 243-251. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-14-00070>
- Caramaschi, U., Orrico, V. G. D., Faivovich, J., Dias, I. R., & Solé, M. (2013). A new species of *Allophryne* (Anura: Allophrynidae) from the Atlantic rain forest biome of eastern Brazil. *Herpetologica*, 69(4), 480-491. <http://dx.doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-13-00029>
- Carneiro, M. C. L., Magalhães, P. S., & Juncá, F. A. (2004). Descrição do girino e vocalização de *Scinax pachycrus* (Miranda-Ribeiro, 1937) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional*, 62(3), 241-246. <https://revistas.ufrj.br/index.php/amn/article/view/48739>
- Carvalho, T. R., Roberto, I. J., Dias, E. G., Santos, R. L. D., & Santos, E. M. D. (2020). The advertisement call of *Physalaemus caete* Pombal & Madureira, 1997 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae), an endangered species endemic to Brazil's northern Atlantic Forest. *Zootaxa*, 4822(3), 439-442. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4822.3.9>
- Carvalho, T. R., Leite, F. S. F., & Pezzuti, T. L. (2013). A new species of *Leptodactylus* Fitzinger (Anura, Leptodactylidae, Leptodactylinae) from montane rock fields of the Chapada Diamantina, northeastern Brazil. *Zootaxa*, 3701(3), 349-364. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3701.3.5>

Appendix 2.

(Continue)

- Casal, F. C., & Juncá, F. A. (2008). Girino e canto de anúncio de *Hypsiboas crepitans* (Amphibia: Anura: Hylidae) do estado da Bahia, Brasil, e considerações taxonômicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 3(3), 217-224. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v3i3.674>
- Costa, S. M., & Dias, E. J. R. (2019). Comportamento territorial, vocalização e biologia reprodutiva de *Allobates offersioides* (Anura: Aromobatidae). *Iheringia, Série Zoológica*, 109, e2019031. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019031>
- Costa, T. B., Laranjeiras, D. O., Röhr, D. L., Magalhães, F. D. M., Juncá, F. A., & Garda, A. A. (2014). The advertisement call of *Haddadus aramunha* (Cassimiro, Verdade & Rodrigues, 2008) (Anura, Craugastoridae). *Zootaxa*, 3784(1), 94-96. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3784.1.8>
- Cruz, C. A. G., Napoli, M. F., & Fonseca, P. M. (2008). A new species of *Phasmahyla* Cruz, 1990 (Anura: Hylidae) from the state of Bahia, Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 3(3), 187-195.
- Cruz, C. A. G., & Napoli, M. F. (2010). A new species of smooth horned frog, genus *Proceratophrys* Miranda-Ribeiro (Amphibia: Anura: Cycloramphidae), from the Atlantic Rainforest of eastern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 2660(1), 57-67. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.2660.1.5>
- Cruz, C. A. G., & Pimenta, B. V. S. (2004). New species of *Physalaemus Fitzinger*, 1826 from southern Bahia, Brazil (Anura, Leptodactylidae). *Journal of Herpetology*, 38(4), 480-486. <http://dx.doi.org/10.1670/214-02A>
- Cruz, C. A. G., & Pimenta, B. V. S. (2004). The tadpole and advertisement call of *Physalaemus aguirrei* Bokermann, 1966 (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Amphibia-Reptilia*, 25(2), 197-204.
- Cruz, D., Marciano-Jr., E., & Napoli, M. F. (2014). Advertisement and courtship calls of *Phyllodytes wuchereri* (Peters, 1873) (Anura: Hylidae). *Zootaxa*, 3774(1), 97-100. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3774.1.8>
- Dias, I. R., Novaes-e-Fagundes, G., Neto, A. M., Zina, J., Garcia, C., Recoder, R. S., Vechio, F. D., Rodrigues, M. T., & Solé, M. (2020). A new large canopy-dwelling species of *Phyllodytes* Wagler, 1930 (Anura, Hylidae) from the Atlantic Forest of the state of Bahia, Northeastern Brazil. *PeerJ*, 8, e8642. <https://doi.org/10.7717/peerj.8642>
- Dias, I. R., Rödder, D., Weinsheimer, F., Kwet, A., & Solé, M. (2011). Description of the advertisement call of *Phasmahyla spectabilis* Cruz, Feio & Nascimento, 2008 (Anura). *Zootaxa*, 2767, 59-64. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.2767.1.6>
- Dias, I. R., Haddad, C. F. B., Argôlo, A. J. S., & Orrico, V. G. D. (2017). The 100th: an appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. *PloS ONE*, 12(3), e0171678. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171678>
- Dias, I. R., Mira-Mendes, C. V., Souza-Costa, C. A., Juncá, F. A., & Solé, M. (2017). The advertisement call and comments on the distribution of *Eleutherodactylus bilineatus* Bokermann, 1975, an endemic frog of Bahia State, Brazil (Amphibia, Anura). *ZooKeys*, 677, 151. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.677.12309>
- Dias, I. R., Lourenço-de-Moraes, R., & Solé, M. (2012). Description of the advertisement call and morphometry of *Haddadus binotatus* (Spix, 1824) from a population from southern Bahia, Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 8(1), 107-111.
- Faraulo, M. S. (2019). Vocalisations and reproductive pattern of *Boana pombali* (Caramaschi et al., 2004): a tree frog endemic to the Atlantic. *Herpetology Notes*, 12, 1121-1131. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/43731>
- Forlani, M. C., Mendes, C. V. M., Dias, I. R., Ruas, D. S., Tonini, J. F. R., & Sá, R. O. (2013). The advertisement calls and distribution of two sympatric species of *Chiasmocleis* (Méhely 1904) (Anura, Microhylidae, Gastrophryninae) from the Atlantic Forest. *South American Journal of Herpetology*, 8(1), 46-51. <http://dx.doi.org/10.2994/SAJH-D-12-00027.1>
- Forti, L. R., Silva, T. R. Á., & Toledo, L. F. (2017). The acoustic repertoire of the Atlantic Forest Rocket Frog and its consequences for taxonomy and conservation (Allobates, Aromobatidae). *ZooKeys*, 692, 141-153. <https://doi.org/10.3897/zookeys.692.12187>
- Freitas, M. O., & Toledo, L. F. (2020). Treefrogs with distinct advertisement calls produce similar territorial signals. *Bioacoustics*, 30(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1080/09524622.2020.1791733>



Appendix 2.

(Continue)

- Gally, M. C., & Zina, J. (2013). Reproductive behaviour of *Physalaemus kroyeri* (Anura: Leiuperidae) in the municipality of Jequié, state of Bahia. *Journal of Natural History*, 47(23-24), 1627-1644. <https://doi.org/10.1080/00222933.2013.769643>
- Garda, A. A., São Pedro, V. A., & Lion, M. B. (2010). The advertisement and release calls of *Rhinella jimi* (Anura, Bufonidae). *South American Journal of Herpetology*, 5(2), 151-156. <https://doi.org/10.2994/057.005.0209>
- Giaretta, A. A., Haga, I. A., & Andrade, F. S. (2018). The advertisement call of two species of the *Rhinella granulosa* group (Anura: Bufonidae). *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 17(2), 255-265. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v17i2p255-265>
- Giaretta, A., Brandão, T. F., & Martins, L. B. (2016). On the advertisement call of *Bokermannohyla oxente* Lugli and Haddad, 2006 (Anura, Hylidae). *Neotropical Biodiversity*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.1080/23766808.2016.1251810>
- Heyer, W. R., & Juncá, F. A. (2003). *Leptodactylus caatingae*, a new species of frog from eastern Brazil (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 116(2), 317-329.
- Heyer, W. R., & Carvalho, C. M. (2000). Calls and calling behaviour of the frog *Leptodactylus natalensis* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 113(1), 284-290.
- Juncá, F. A., & Lugli, L. (2009). Reproductive biology, vocalizations, and tadpole morphology of *Rupirana cardosoi*, an anuran with uncertain affinities. *South American Journal of Herpetology*, 4(2), 173-178. <http://dx.doi.org/10.2994/057.004.0208>
- Juncá, F. A., Napoli, M. F., Nunes, I., Mercês, E. A., & Abreu, R. O. (2015). A new species of the *Scinax ruber* clade (Anura, Hylidae) from the Espinhaço Range, northeastern Brazil. *Herpetologica*, 71(4), 299-309. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-14-00032>
- Juncá, F. A., Röhr, D. L., Lourenço-de-Moraes, R., Santos, F. J., Protázio, A. S., Mercês, E. A., & Solé, M. (2012). Advertisement call of species of the genus *Frostius* Cannatella 1986 (Anura: Bufonidae). *Acta Herpetologica*, 7(2), 189-201. http://dx.doi.org/10.13128/Acta_Herpetol-9898
- Juncá, F. A., Napoli, M. F., Cedraz, J., & Nunes, I. (2012). Acoustic characteristics of the advertisement and territorial calls of *Phyllodytes tuberculosus* Bokermann, 1966 (Amphibia: Anura: Hylidae). *Zootaxa*, 3506(1), 87-88. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3506.1.7>
- Lacerda, J. V. A., Bilate, M., & Feio, R. N. (2011). Advertisement call of *Sphaenorhynchus mirim* Caramaschi, Almeida, and Gasparini, 2009 (Anura: Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 6(3), 211-214. <https://doi.org/10.2994/057.006.0307>
- Lantyer-Silva, A. S. F., Matos, M. A., Gogliath, M., Marciano-Jr., E., & Nicola, P. A. (2016). New records of *Pseudopaludicola pocoto* Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad & Garda, 2014 (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) in the Caatinga Biome, Brazil. *Check List*, 12(6), 1989. <https://doi.org/10.15560/12.6.1989>
- Lima, D. C., Borges-Nojosa, D. M., & Cechin, S. Z. (2014). The advertisement call of *Adelophryne maranguapensis* (Anura, Eleutherodactylidae). *Zootaxa*, 3835(2), 299-300. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3835.2.11>
- Lima, M. S. C. S., Pederassi, J., Pineschi, R. B., & Barbosa, D. B. S. (2019). Acoustic niche partitioning in an anuran community from the municipality of Floriano, Piauí, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79(4), 566-576. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180399>
- Lima, M. G., Lingnau, R., & Skuk, G. O. (2008). The advertisement call of *Phyllodytes edelmoi* (Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 3(2), 118-121. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2008\)3\[118:TACOPE\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2008)3[118:TACOPE]2.0.CO;2)
- Lima, T. G. P., Andrade, E. B., Araújo, K. C., Leite, J. R. S. A., & Weber, L. N. (2015). First record of *Leptodactylus sertanejo* (Anura: Leptodactylidae: Leptodactylinae) in the state of Maranhão, northeastern Brazil. *Check List*, 11(5), 1-4. <https://doi.org/10.15560/11.5.1776>
- Loebmann, D., Zina, J., Araújo, O. G. dos S., Toledo, L. F., & Haddad, C. F. B. (2008). Acoustic repertory of *Hypsiboas exastis* (Caramaschi and Rodrigues, 2003) (Amphibia, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 3(2), 96-100. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2008\)3\[96:AROHEC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2008)3[96:AROHEC]2.0.CO;2)
- Lopes, A. G., Lee Bang, D., & Giaretta, A. A. (2019). Revisiting the advertisement call features of *Scinax montivagus* (Anura: Hylidae). *Neotropical Biodiversity*, 5(1), 41-46. <https://doi.org/10.1080/23766808.2019.1646065>

Appendix 2.

(Continue)

- Lourenço-de-Moraes, R., Solé, M., & Toledo, L. F. (2012). A new species of *Adelophryne* Hoogmoed and Lescure 1984 (Amphibia: Anura: Eleutherodactylidae) from the Atlantic rainforest of southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3441(1), 59-68. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3441.1.6>
- Lourenço-de-Moraes, R., Lantyer-Silva, A. S. F., Toledo, L. F., & Solé, M. (2013). Tadpole, oophagy, advertisement call, and geographic distribution of *Aparasphenodon arapapa* Pimenta, Napoli and Haddad 2009 (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology*, 47(4), 575-579. <https://doi.org/10.1670/11-326>
- Lugli, L., & Haddad, C. F. B. (2006). A new species of the *Bokermannohyla pseudopseudis* group from central Bahia, Brazil (Amphibia, Hylidae). *Herpetologica*, 62(4), 453-465. <https://www.jstor.org/stable/3893602>
- Lugli, L., & Haddad, C. F. B. (2006). New species of *Bokermannohyla* (Anura, Hylidae) from Central Bahia, Brazil. *Journal of Herpetology*, 40(1), 7-15. <https://doi.org/10.1670/67-05A.1>
- Magalhães, F. M., Loebmann, D., Kokubum, M. N. C., Haddad, C. F. B., & Garda, A. A. (2014). A new species of *Pseudopaludicola* (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae) from northeastern Brazil. *Herpetologica*, 70(1), 77-88. <http://dx.doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-13-00054>
- Magalhães, F. M., Lyra, M. L., Carvalho, T. R., Baldo, D., Brusquetti, F., Burella, P., Colli, G. R., Gehara, M. C., Giaretta, A. A., Haddad, C. F. B., Langone, J. A., López, J. A., Napoli, M. F., Santana, D. J., Sá, R. O., & Garda, A. A. (2020). Taxonomic review of South American butterfrogs: phylogeny, biogeographic patterns, and species delimitation in the *Leptodactylus latrans* species group (Anura: Leptodactylidae). *Herpetological Monograph*, 34(1), 131-177.
- Mângia, S., Koroiva, R., Sales Nunes, P. M., Roberto, I. J., Ávila, R. W., Sant'Anna, A. C., Santana, D. J., & Garda, A. A. (2018). A new species of *Proceratophrys* (Amphibia: Anura: Odontophrynidae) from the Araripe Plateau, Ceará State, Northeastern Brazil. *Herpetologica*, 74(3), 255-268. <https://doi.org/10.1655/Herpetologica-D-16-00084.1>
- Mângia, S., Carvalho, P., Pereira, E. A., Cavalcanti, L., Simões, C. R., & Santana, D. J. (2017). Release call of *Scinax eurydice* (Bokermann, 1968) (Anura, Hylidae) and advertisement call of northeastern populations. *Herpetology Notes*, 10, 237-243. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/24694>
- Mângia, S., Camurugi, F., Pereira, E. A., Carvalho, P., Röhr, D. L., Folly, H., & Santana, D. J. (2019). Release calls of four species of Phyllomedusidae (Amphibia, Anura). *Herpetozoa*, 32, 77-81. <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.32.e35729>
- Mângia, S., Oliveira, E. F., Santana, D. J., Koroiva, R., Paiva, F., & Garda, A. A. (2020). Revising the taxonomy of *Proceratophrys* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Odontophrynidae) from the Brazilian semiarid Caatinga: Morphology, calls and molecules support a single widespread species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 58(4), 1151-1172. <http://dx.doi.org/10.1111/jzs.12365>
- Mângia, S., & Garda, A. A. (2015). Distress call and defensive display of *Proceratophrys cristiceps* (Müller, 1883) (Amphibia, Anura, Odontophrynidae). *Herpetology Notes*, 8, 11-14.
- Marciano-Jr., E., & Lantyer-Silva, A. S. F., & Solé, M. (2017). A new species of *Phyllodytes* Wagler, 1830 (Anura, Hylidae) from the Atlantic Forest of southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 4238(1), 135-142. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4238.1.11>
- Marinho, P., Roberto, I. J., & Lisboa, B. S. (2020). The advertisement call of *Boana freicanecae* (Carnaval & Peixoto, 2004) (Anura: Hylidae), an endemic and poorly known treefrog from northeastern Brazil. *Zootaxa*, 4853(3), 442-446. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4853.3.7>
- Mendes, C. V. M., & Ruas, D. S. (2012). The advertisement call of *Gastrotheca fissipes* Boulenger, 1888 with comments on its distribution. *Zootaxa*, 3312(1), 62-64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3312.1.4>
- Mendes, C. V. M., Marciano Jr., E., Ruas, D. S., Oliveira, R. M., & Solé, M. (2013). Advertisement call of *Scinax strigilatus* (Spix, 1824) (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3647(3), 499-500. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3647.3.8>
- Mira-Mendes, C. V., Dias, I. R., Silva, G. T., Novaes-e-Fagundes, G., Martins, R. A., Le Pendu, Y., & Solé, M. (2020). The advertisement and release call of the Bahia forest frog *Macrogenioglottus alipioi* (Anura: Odontophrynidae) with comments on its morphometry, from southern Bahia, northeastern Brazil. *Biologia*, 75, 2271-2276. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00488-w>



Appendix 2.

(Continue)

- Muniz, S. L. S., Moura, C. C. M., Moraes, A. T. A., Galindo, M. K. F., Chaves, L. S., Kokubum, M. N. C., & Moura, G. J. B. (2016). Acoustic characteristics of the advertisement call of *Dendropsophus elegans* (Anura: Hylidae). *Herpetology Notes*, 9, 99-102. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/12475>
- Napoli, M. F., & Pimenta, B. V. S. (2003). Nova espécie do grupo de *Hyla circumdata* (Cope, 1870) do sul da Bahia, Brasil (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional*, 61(3), 189-194. <https://revistas.ufrj.br/index.php/amn/article/view/48684>
- Napoli, M. F., & Pimenta, B. V. S. (2009). A new species of the *Bokermannohyla circumdata* group (Anura: Hylidae) from the coastal forests of Bahia, Northeastern Brazil. *Copeia*, 2009(4), 674-683. <http://dx.doi.org/10.1643/CH-08-224>
- Napoli, M. F., Abreu, R. O., Cruz, D., Herrera, J. B., Petersen, E., & Klein, W. (2014). Advertisement call of *Dendropsophus studeae* (Carvalho-e-Silva, Carvalho-e-Silva and Izecksohn, 2003) (Anura: Hylidae), with new record and geographic distribution extension. *Zootaxa*, 3878(6), 593-596. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3878.6.6>
- Napoli, M. F., & Cruz, I. C. S. (2005). The advertisement call of *Hyla atlantica* Caramaschi & Velosa, 1996, with considerations on its taxonomic status (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional*, 63(2), 283-288.
- Napoli, M. F., & Juncá, F. A. (2006). A new species of the *Bokermannohyla circumdata* group (Amphibia: Anura: Hylidae) from Chapada Diamantina, state of Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 1244(1), 57-68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1244.1.4>
- Nascimento, J. S., Abreu, R. O., Menezes, L., Trevisan, C. C., Solé, M., Juncá, F. A., & Napoli, M. F. (2019). The Advertisement Call of *Proceratophrys minuta* Napoli, Cruz, Abreu, and Del Grande, 2011 (Anura: Odontophrynidae), with comments on acoustic parameters in the genus. *South American Journal of Herpetology*, 14(1), 24-36. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-17-00021.1>
- Novaes, G., & Zina, J. (2016). Advertisement call of *Scinax camposseabrai* (Bokermann, 1968) (Anura: Hylidae), with comments on the call of three species of the *Scinax ruber* clade. *Zootaxa*, 4084(2), 258-266. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4084.2.5>
- Nunes, I. L., Loebmann, D., Cruz, C. A. G., & Haddad, C. F. B. (2015). Advertisement call, colour variation, natural history, and geographic distribution of *Proceratophrys caramaschii* (Anura: Odontophrynidae). *Salamandra*, 51(2), 103-110.
- Nunes, I., Canedo, C., & Carvalho, R. R. (2010). Advertisement call and geographic distribution of *Elachistocleis piauiensis* caramaschi & Jim, 1983 (Amphibia, Microhylidae), with notes on the presence of post-commissural gland in the genus. *South American Journal of Herpetology*, 5(1), 30-34. <https://doi.org/10.2994/057.005.0103>
- Nunes, I., Fusinato, L. A., & Cruz, C. A. G. (2007). The tadpole and advertisement call of *Sphaenorhynchus palustris* Bokermann, 1966 (Amphibia, Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 2(2), 123-128. [http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798\(2007\)2\[123:TTAACO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2994/1808-9798(2007)2[123:TTAACO]2.0.CO;2)
- Nunes, I., & Juncá, F. A. (2006). Advertisement calls of three leptodactylid frogs in the state of Bahia, northeastern Brazil (Amphibia, Anura, Leptodactylidae), with considerations on their taxonomic status. *Arquivos do Museu Nacional*, 64(2), 151-157.
- Nunes, I., & Pombal Jr., J. P. (2010). A new snouted treefrog of the speciose genus *Scinax* Wagler (Anura, Hylidae) from northeastern Brazil. *Herpetologica*, 67(1), 80-88. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-10-00026.1>
- Nunes, I., Santiago, R. S., & Juncá, F. A. (2007). Advertisement calls of four hylid frogs from the state of Bahia, northeastern Brazil (Amphibia, Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 2(2), 89-96. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2007\)2\[89:ACOFHF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2007)2[89:ACOFHF]2.0.CO;2)
- Oitaven, L. P. C., Santos, J. R. O., Silva, A. O., Gambale, P. G., & Moura, G. J. B. (2017). Description of vocalizations and Analysis of variation intra and inter-individual of *Pristimantis ramagii* (Boulenger, 1888) in an upland swamp, Northeast Brazil. *Herpetology Notes*, 10, 197-203. <https://biotaxa.prod.amazon.auckland.ac.nz/hn/article/view/27662>
- Oliveira, R. M., Ruas, D. S., Mendes, C. V. D. M., & Solé, M. (2014). Advertisement call of *Rhinella crucifer* (Wied-Neuwied, 1821) (Anura: Bufonidae) from southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3784(1), 97-98. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3784.1.9>
- Orrico, V. G. D., Dias, I. R., & Marciano-Jr, E. (2018). Another new species of *Phyllodytes* (Anura: Hylidae) from the Atlantic Forest of northeastern Brazil. *Zootaxa*, 4407(1), 101-110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4407.1.6>

Appendix 2.

(Continue)

- Pansonato, A., Mudrek, J. R., Strüssmann, C., Veiga-Menoncello, A. C. P., Recco-Pimentel, S. M., Martins, L. B., & Giarretta, A. A. (2014). Geographical variation in morphological and bioacoustic traits of *Pseudopaludicola mystacalis* (Cope, 1887) and a reassessment of the taxonomic status of *Pseudopaludicola serrana* Toledo, 2010 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae). *Advances in Zoology*, 2014, 563165. <https://doi.org/10.1155/2014/563165>
- Pederassi, J., Pansonato, A., Mudrek, J. R., Veiga-Menoncello, A. C. P., Martins, L. B., Strüssmann, C., & Giarretta, A. A. (2015). Redescription of the advertisement call of *Physalaemus albifrons* (Spix, 1824) (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). *Zootaxa*, 3994(3), 449–450. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3994.3.10>
- Pereira, E. A., Folly, H., Rebouças, R., & Santana, D. J. (2018). Distribution extension, geographic distribution maps and comments on the advertisement call of *Pseudopaludicola pocoto* Magalhães, Loebmann, Kokubum, Haddad and Garda, 2014 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae). *Herpetology Notes*, 11, 1055–1059. <https://www.biotaxa.org/hn/article/view/31983>
- Pimenta, B. V. S., Nunes, I., & Cruz, C. A. G. (2007). Notes on the poorly known Phyllomedusine frog *Hylomantis aspera* Peters, 1872 (Anura, Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 2(3), 206–214. [https://doi.org/10.2994/1808-9798\(2007\)2\[206:NOTPKP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2994/1808-9798(2007)2[206:NOTPKP]2.0.CO;2)
- Pombal Jr, J., & Nunes, I. (2010). A new *Scinax* Wagler (Amphibia, Anura, Hylidae) from the Atlantic rain forest remains of southern State of Bahia, north-eastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 31(3), 347–353.
- Prado, G. M., Bilate, M., & Vogel, H. (2007). Call diversity of *Leptodactylus natalensis* Lutz, 1930 (Anura: Leptodactylidae). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 47(6), 97–103. <https://doi.org/10.1590/S0031-10492007000600001>
- Protázio, A. S., Albuquerque, R. L., Falkenberg, L. M., & Mesquita, D. O. (2014). Acoustic ecology of an anuran assemblage in the arid Caatinga of northeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 49(15–16), 957–976. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.931482>
- Protázio, A. D. S., Protázio, A. S., Conceição, L. C., Braga, H. S. N., Santos, U. G. D., Ribeiro, A. C., & Souza, I. C. A. (2017). The advertisement call of *Dendropsophus novaisi* (Bokermann, 1968) (Anura: Hylidae: Dendropsophinae). *Zootaxa*, 4294(1), 127–129. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4294.1.8>
- Protázio, A. S., Protázio, A. S., & Mesquita, D. O. (2019). Niche partitioning between two *Physalaemus* species (Anura, Leptodactylidae) in semiarid Caatinga in Northeast Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 15(2), 157–167. https://biozoojournals.ro/nwzjz/content/v15n2/nwzjz_e191501_Protazio.pdf
- Roberto, I. J., & Ávila, R. W. (2013). The advertisement call of *Phyllodytes gyrinaethes* Peixoto, Caramaschi & Freire, 2003 (Anura, Hylidae). *Zootaxa*, 3669(2), 193–196. <https://doi.org/10.11646/Zootaxa.3669.2.13>
- Roberto, I. J., Araujo-Vieira, K., Carvalho-e-Silva, S. P., & Ávila, R. W. (2017). A new species of *Sphaenorhynchus* (Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. *Herpetologica*, 73(2), 148–161. <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-16-00021>
- Roberto, I. J., Brito, L., & Cascon, P. (2011). Temporal and spatial patterns of reproductive activity in *Rhinella hoogmoedi* (Anura: Bufonidae) from a tropical rainforest in northeastern Brazil, with the description of its advertisement call. *South American Journal of Herpetology*, 6(2), 87–97. <https://doi.org/10.2994/057.006.0202>
- Roberto, I. J., Brito, L., & Thomé, M. T. C. (2014). A new species of *Rhinella* (Anura: Bufonidae) from northeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 9(3), 190–199. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00028.1>
- Roberto, I. J., Cardozo, D., & Ávila, R. W. (2013). A new species of *Pseudopaludicola* (Anura, Leiuperidae) from western Piauí State, northeast Brazil. *Zootaxa*, 3636(2), 348–360. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3636.2.6>
- Roberto, I. J., Santos, E. M. D., & de Carvalho, T. R. (2019). The vocalization of *Gastrotheca fissipes* (Boulenger, 1888) (Anura, Hemiphractidae) from the state of Pernambuco, northeastern Brazil. *Zootaxa*, 4543(2), 284. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4543.2.6>
- Rocha, P. C., Thompson, J. R., Leite, F. S. F., & Garcia, P. C. D. A. (2016). The advertisement call of *Bokermannohyla flavopicta* Leite, Pezzuti & Garcia, 2012 (Anura: Hylidae) from the mountains of Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 4061(3), 277–280. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4061.3.6>



Appendix 2.

(Continue)

- Röhr, D. L., & Juncá, F. A. (2013). Micro-habitat influence on the advertisement call structure and sound propagation efficiency of *Hypsiboas crepitans* (Anura: Hylidae). *Journal of Herpetology*, 47(4), 549–554. <http://dx.doi.org/10.1670/10-210>
- Röhr, D. L., Camurugi, F., Martinez, P. A., Sousa-Lima, R. S., Juncá, F. A., & Garda, A. A. (2020). Habitat-dependent advertisement call variation in the monkey frog *Phyllomedusa nordestina*. *Ethology*, 126(6), 651–659. <https://doi.org/10.1111/eth.13017>
- Röhr, D. L., Camurugi, F., Paterno, G. B., Gehara, M., Juncá, F. A., Álvares, G. F. R., Brandão, R. A., & Garda, A. A. (2020). Variability in anuran advertisement call: A multi-level study with 15 species of monkey tree frogs (Anura: Phyllomedusidae). *OSF Preprints*. <http://dx.doi.org/10.31219/osf.io/gspzc>
- Ruas, D. S., Mendes, C. V. M., Dias, I. R., & Solé, M. (2012). Description of the advertisement call of *Dendropsophus haddadi* (Bastos and Pombal 1996) (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3250(1), 63–65. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3250.1.5>
- Santana, D. J., Rodrigues, R., Albuquerque, R. L., Laranjeiras, D. O., Protázio, A. D. S., França, F. G. R., & Mesquita, D. O. (2011). The advertisement call of *Proceratophrys renalis* (Miranda-Ribeiro, 1920) (Amphibia: Anura: Cycloramphidae). *Zootaxa*, 2809(1), 67–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2809.1.6>
- Santana, D. J., Mesquita, D. O., & Garda, A. A. (2011) Advertisement call of *Dendropsophus oliveirai* (Anura, Hylidae). *Zootaxa*, 2997(1), 67–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2997.1.5>
- Santos-Silva, C. R. D., Ferrari, S. F., & Juncá, F. A. (2012). Acoustic characteristics of the advertisement call of *Trachycephalus atlas* Bokermann, 1966 (Anura: Hylidae). *Zootaxa*, 3424(1), 66–68. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3424.1.4>
- São-Pedro, V. A., Medeiros, P. H., & Garda, A. A. (2011). The advertisement call of *Rhinella granulosa* (Anura, Bufonidae). *Zootaxa*, 3092(1), 60–62. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3092.1.4>
- Silva-Filho, I. S. N., & Juncá, F. A. (2006). Evidence of full species status of the neotropical leaf-frog *Phyllomedusa burmeisteri bahiana* (A. Lutz, 1925) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Zootaxa*, 1113(1), 51–64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1113.1.5>
- Silvano, D., Cruz, C. A. G., & Pimenta, B. (2005). A new species of the genus *Physalaemus* Fitzinger, 1826 (Anura, Leptodactylidae) from the Atlantic Rain Forest of southern Bahia, Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 26(2), 201–210.
- Simões, C. R. M. A., Pontes, B. E. S., Trevisan, C. C., Abreu, R. O., Juncá, F. A., Solé, M., Araújo, C. B., & Napoli, M. F. (2020). The advertisement call of *Proceratophrys redacta* (Anura, Odontophrynidae). *Zootaxa*, 4750(3), 447–450. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4750.3.14>
- Simon, J. E., & Peres, J. (2012). Revisão da distribuição geográfica de *Phyllodytes kautskyi* Peixoto & Cruz, 1988 (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 29, 17–30.
- Taucce, P. P. G., Pinheiro, P. D. P., Leite, F. S. F., & Garcia, P. C. A. (2015). Advertisement call and morphological variation of the poorly known and endemic *Bokermannohyla juiju* Faivovich, Lugli, Lourenço and Haddad, 2009 (Anura: Hylidae) from Central Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 3915(1), 99–110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3915.1.4>
- Taucce, P. P. G., Nascimento, J. S., Trevisan, C. C., Leite, F. S. F., Santana, D. J., Haddad, C. F. B., & Napoli, M. F. (2020). A New Rupicolous Species of the *Pristimantis conspicillatus* Group (Anura: Brachycephaloidea: Craugastoridae) from Central Bahia, Brazil. *Journal of Herpetology*, 54(2), 245–257. <https://doi.org/10.1670/19-114>
- Teixeira Jr., M., Dal Vechio, F., Recoder, R. S., Carnaval, A. C., Strangas, M., Damasceno, R. P., Sena, M. A., & Rodrigues, M. T. (2012). Two new species of marsupial tree-frogs genus *Gastrotheca* Fitzinger, 1843 (Anura, Hemiphractidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa*, 3437(1), 1–23. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3437.1.1>
- Toledo, L. F., Martins, I. A., Bruschi, D. P., Passos, M. A., Alexandre, C., & Haddad, C. F. (2014). The anuran calling repertoire in the light of social context. *Acta Ethologica*, 18(2), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s10211-014-0194-4>
- Toledo, L. F., Loebmann, D., & Haddad, C. F. B. (2010). Revalidation and redescription of *Elachistocleis cesarii* (Miranda-Ribeiro, 1920) (Anura: Microhylidae). *Zootaxa*, 2418(1), 50–60. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2418.1.2>

Appendix 2.

(Conclusion)

Toledo, L. F., Fernando, C., & Haddad, B. (2009). Defensive vocalizations of Neotropical anurans. *South American Journal of Herpetology*, 4(1), 25-42. <https://doi.org/10.2994/057.004.0104>

Vilaça, T. R. A., Silva, J. R. S., & Solé, M. (2011). Vocalization and territorial behaviour of *Phyllomedusa nordestina* Caramaschi, 2006 (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *Journal of Natural History*, 45(29-30), 1823-1834. <https://doi.org/10.1080/00222933.2011.561018>

Vilela, B., Lisboa, B. S., & Nascimento, F. A. C. D. (2014). Reproduction of *Agalychnis granulosa* Cruz, 1989 (Anura: Hylidae). *Journal of Natural History*, 49(11-12), 709-717. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.897764>

Vörös, J., Dias, I. R., & Solé, M. (2017). A new species of *Phyllodytes* (Anura: Hylidae) from the Atlantic Rainforest of southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 4337(4), 584–594. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4337.4.9>

Zaidan, B. F., & Leite, F. S. F. (2012). Advertisement call of the rare, explosive breeding caatinga horned frog *Ceratophrys joazeirensis* Mercadal de Barrio, 1986 (Anura, Ceratophryidae). *Zootaxa*, 3540(1), 65–66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3540.1.5>

A grayscale photograph of a large, teardrop-shaped wasp nest. The nest is covered with numerous wasps, some standing on the surface and others flying around it. The background is blurred, showing some foliage. The text "NOTAS DE PESQUISA" is overlaid in the center of the image.

NOTAS DE PESQUISA

Nesting of *Partamona helleri* (Friese, 1900) (Apidae) in an abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) in Southeastern Brazil
Nidificação de *Partamona helleri* (Friese, 1900) (Apidae) em ninho abandonado da vespa social *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) no Sudeste do Brasil

Eike Daniel Fôlha-Ferreira¹  | Diego Gonçalves dos Santos Renne¹  | Isabel Ribeiro do Valle Teixeira¹  |
Diogo Silva Vilela¹  | Marcos Magalhães de Souza¹ 

¹Federal Institute of Southern Minas Gerais. Inconfidentes *campus*. Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil

Abstract: Social wasp nests are frequently reused by different species for nesting, obtaining food, or protection from the elements and predators. However, there are few records of nest reuse by bees of the Meliponini tribe. Therefore, the aim of this study is to report the use of an abandoned nest of the social wasp *Polybia scutellaris* by the social bee *Partamona helleri*. The record was made opportunistically, on May 7, 2024, in a building within an anthropized area, adjacent to a regenerating Atlantic Forest fragment, in the municipality of Inconfidentes, southern Minas Gerais State, Brazil. The bees occupied the entire social wasp's nest, which was probably already abandoned. The bees did not use the brood cells of the nest for reproduction, but rather deposited material (a mixture of dirt and resins) inside the nest, which was covered on the top and sides, so that only the lower part of the nest was exposed. This reuse probably gave the bees energy savings and shelter for the colony in its early stages. Nevertheless, further studies are needed to understand the frequency of this reuse and whether the nests of social wasps are occupied when abandoned, usurped or shared by the bees.

Keywords: Meliponini. Hymenoptera. Nest biology.

Resumo: Os ninhos de vespas sociais são reutilizados por diferentes táxons, seja para nidificação e obtenção de alimento, seja para proteção contra intempéries e predadores. Todavia, há poucos registros desse fenômeno envolvendo abelhas da tribo Meliponini. O objetivo deste estudo é reportar o uso do ninho abandonado de vespa social *Polybia scutellaris* para a nidificação da abelha social *Partamona helleri*. O registro ocorreu ao acaso, em sete de maio de 2024, em um prédio localizado em área antropizada, próximo a um fragmento de Mata Atlântica em regeneração, no município de Inconfidentes, sul do estado de Minas Gerais, Brasil. A abelha ocupou todo o ninho da vespa social, provavelmente já abandonado. As abelhas não utilizaram as células de cria do vespeiro para reprodução, mas depositaram material (mistura de terra e resinas) no interior do vespeiro, que foi envolvido na porção superior e lateral, com apenas a parte inferior do ninho exposta. Essa reutilização provavelmente conferiu à abelha economia de energia e abrigo para a colônia em sua fase inicial. Entretanto, são necessários mais estudos para compreender a frequência dessa reutilização e se os vespeiros são ocupados quando abandonados, usurpados ou compartilhados pelas abelhas.

Palavras-chave: Meliponini. Hymenoptera. Biologia do ninho.

Fôlha-Ferreira, E. D., Renne, D. G. S., Teixeira, I. R. V., Vilela, D. S., & Souza, M. M. (2025). Nesting of *Partamona helleri* (Friese, 1900) (Apidae) in an abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) in Southeastern Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0985. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0985>

Corresponding author: Eike Daniel Fôlha-Ferreira. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Praça Tiradentes, 416. Inconfidentes, MG, Brasil. CEP 37576-000 (eikedaniee198@gmail.com).

Received on 05/29/2024

Approved on 02/14/2025

Editorial responsibility: Valéria Juliete da Silva



INTRODUCTION

Social wasps usually build their nests from saliva and cellulose (Wenzel, 1998), with variable architecture (Richards & Richards, 1951). In the Epiponini tribe, except for the genera *Agelaia* and *Apoica*, nests have an external envelope that provides greater protection against predators, a plesiomorphic characteristic of the tribe (Wenzel, 1998; Somavilla et al., 2012; Noll et al., 2021). In addition, this envelope promotes thermal regulation of the colony (Hozumi et al., 2005, 2010), as well as hampering waterlogging during rains due to its hydrophobic composition (Hozumi et al., 2010).

Due to these characteristics, nests can be reused by various other arthropods when abandoned, such as: spiders (Araujo et al., 2008), ants (Souza et al., 2022), termites (Jacques et al., 2023), bees and wasps with solitary habits (Pinto, 2005; Jacques et al., 2022). However, there are few studies demonstrating the reuse of social wasp nests by social Meliponini bees. These bees nest in dead tree cavities (Hubbell & Johnson, 1977), anthills (Kerr et al., 1967), soil cavities, active or abandoned termite mounds (Camargo & Pedro, 2003), human buildings (Netto et al., 2007), gullies and cracks in walls (Siqueira et al., 2012).

The swarming process of social bees begins with the choice of nesting site, which involves the workers visiting potential sites to build their nest. The selection of nesting substrate is related to several factors, including chemical affinity, when the colony is built on plant substrate, or energy saving and low temperature variation (Roubik, 2006; Jones & Oldroyd, 2006).

The occupation of unusual places for nesting can be stimulated by the ongoing degradation of the natural environments where they would otherwise be built. Such disturbances are caused by cutting down trees, burning, urbanization and farming, among other factors (Kerr et al., 2001). Reports indicate extreme behavior in such situations of environmental pressure, such as the attempted occupation by the bee *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 in active nests of another aggressive bee

Scaptotrigona bipunctata (Lepeletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae) (Barbosa et al., 2015). This may indicate that the predictable cost of this invasive behavior should be offset by the energy savings resulting from occupying existing nests. From what was presented, the aim of this study is to report on the use of the abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841), a social wasp, by the social bee *Partamona helleri* (Friese, 1900).

MATERIAL AND METHODS

The record was made on May 7, 2024, at random, on the school farm of the Federal Institute of Southern Minas Gerais - Inconfidentes *campus* (22° 18' 32.7" S, 46° 19' 46.1" W), in a building within an anthropized area, next to a regenerating Atlantic Forest fragment.

Photographs were taken using a Nikon Coolpix P600 camera. The nest was collected using an extensive ladder, a saw, and beekeeper's clothes. After removal, the nest was placed in a plastic bag for transportation. In the laboratory, the specimens found within were sorted and we proceed with detailed photographs of the nest, using the same camera. The length, width and diameter of the nest were measured.

The bee specimens were identified by Professor David Silva Nogueira, from the Federal Institute of Education, Science and Technology of Amazonas (IFAM) - São Gabriel da Cachoeira *campus*. The identification of the social wasp nest was based on the descriptions by Richards and Richards (1951) and Richards (1978). In addition, this colony had previously been recorded at the site, which facilitated the identification of the species.

RESULTS

A colony of *Partamona helleri* was recorded enclosing an abandoned nest of *Polybia scutellaris*, fixed to a wooden beam in a shed, about 5.6 meters above the ground (Figure 1). The *P. helleri* colony had an oval shape, a diameter of 27.6 cm, with an external opening similar to a frog's mouth with a 7 cm diameter (Figure 2A).



Figure 1. The nest of *Partamona helleri* fixed to a wooden beam, completely enveloping the nest of *Polybia scutellaris*. Photo: image by the authors (2024).

The nest of *P. scutellaris* was almost completely occupied and enveloped by the bee colony, which was only visible in the lower part of the nest (Figure 1). Furthermore, the opening of the nest was completely blocked by material deposited by the bees (Figure 2B).

Inside the bee's nest, no eggs, pupae, or adults were found in the remaining cells of the hornet's nest (Figure 2C). The bee colony expanded throughout the social wasp's nest, filling almost all the combs, but laid no eggs in the brood cells. In several areas, we observed that perhaps the casing of the social wasp's nest was reused and incorporated into the new structure of the bee colony, which can be seen in the new structure of the bee colony (Figures 2D-2E). In addition, it is possible that some of the wasp's nest envelope has been reused and mixed with dirt and resin as part of the bee's nest architecture, where the coloration of the structure is greyish (Figure 2F).

DISCUSSION

The reuse of an abandoned social wasp nest can provide several benefits to bees, such as energy and material savings for building a new colony, as has been suggested for other insects and arachnids (Rocha & Raw, 1982; Jacques et al., 2022). Vespid nests provide thermal comfort and reduce waterlogging during rains (Hozumi et al., 2010). In addition,

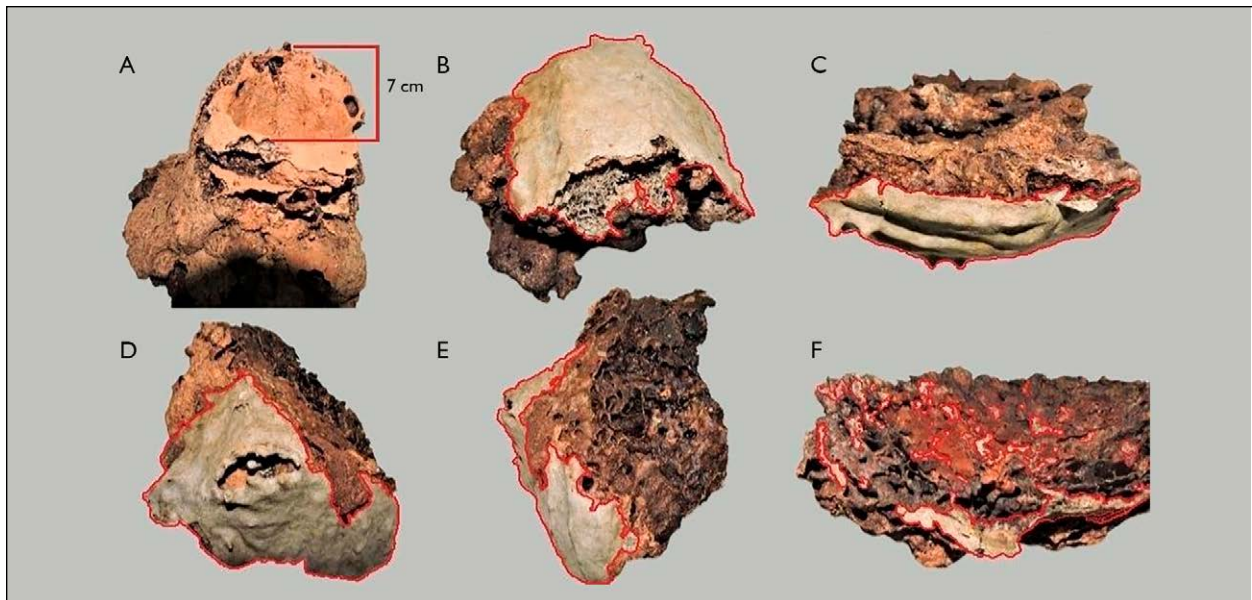


Figure 2. Fragmented nest of *Polybia scutellaris* (highlighted in red): (A) ornament at the entrance to *Partamona helleri*'s nest; (B) opening of the nest of *P. scutellaris* covered with clay; (C) envelope with cells of the nest of *P. scutellaris* not filled with clay, eggs or pupae; (D-E) external cellulose envelope filled internally with clay; (F) residuals of clay covering the internal layers of the combs in the *P. scutellaris* nest, and possible reuse of the cellulose to build the structure (Resin, Clay and Envelope). Photos: image by the authors (2024).

the occupation of a pre-existing nest can offer immediate protection against bad weather and predators, which increases the colony's chance of survival in its early stages, as already reported for *Partamona* species that occupy nests of other social insects (Barreto & Castro, 2007).

Partamona bees naturally occupy a vast territory, being recorded from Mexico to southern Brazil, found in different environments including the Cerrado, the Atlantic Forest and the Andes (Camargo & Pedro, 2003). One feature that indicates *Partamona*'s flexibility in occupying the nests of other social insects is that many species in this genus intrinsically perform this behavior, as they are obligate termitophiles (Camargo & Pedro, 2003). All the nests of *Partamona* are composed of dirt cemented with resin, except for the internal elements, such as the brood discs and the honey and pollen pots (Ferreira, 2011). It is also common to see fragments of plants in the nest structure, such as dried stems and leaves (Camargo & Pedro, 2003).

Partamona helleri is the only Meliponini species in southeastern Brazil not nesting in termite mounds. Its nests are exposed, commonly found in urban or rural buildings, and in unmodified environments. It is common to find them associated with the roots of epiphytes (Ferreira, 2011). Building exposed nests, such as those developed by *P. helleri*, offers the advantage of reducing the environmental restrictions imposed using pre-existing cavities formed in logs, soil and other substrates, as the size of the colony is limited to the spaces in these cavities (Rasmussen & Camargo, 2008).

Nests of *P. helleri* are easily identifiable due to their unique funnel-shaped entrance, which is why they are popularly known in Brazil as "Boca de Sapo", or frog's

mouth. This design, according to Shackleton et al. (2019), resolves an evolutionary conflict between foraging efficiency and defense, as it allows many foragers to pass through, while the narrow internal entrance requires few guards for defense. Although there are no records of *P. helleri* reusing social wasp nests, there are reports of them occupying bird nests (Camargo & Pedro, 2003).

This information may explain the records of other Meliponini species that have reused social wasp nests, including *P. scutellaris* (Table 1). All the social wasp species reported have protective casings in their nests (Richards, 1978; Carpenter & Marques, 2001), which reinforces the hypothesis that this structure offers protection against the weather and predators for the bee colony in its early stages.

The occupation of the hornet's nest by *P. helleri* described in this study may have occurred after it was abandoned by the social wasps, since it is common for stingless bees to establish their nests in available cavities. In addition, the absence of traces of social wasps in the nest suggests the possibility that the bees did not invade or usurp the nest, although other explanations cannot be completely ruled out.

Although the occupation of the abandoned nest is suggested, the usurpation of the colony by should be also considered. The study of Rasmussen (2004), reported that *Trigona cilipes* (Fabricius, 1804) invaded the *Epipona tatua* (Cuvier, 1797) colony, established antagonistic behavior and expelled part of the hornet population, and occupied a certain region of the nest. After the initial conflict, the author described the sharing of the structure, where the bees and social wasps occupied different portions of the nest, which may result in protection for the bees, promoted

Table 1. Bee species that use social wasp nests for nesting, author and year of publication of the study, and location of the record.

Social wasp	Bee	Author and year	Locality
<i>Polybia scutellaris</i> (White, 1841)	<i>Paratrigona</i> sp.	Lucas (1889)	Minas Gerais, Brazil
<i>Brachygastra</i> sp.	<i>Trigona cilipes</i> (Fabricius, 1804)	Silva-Matos et al. (2000)	Mato Grosso, Brazil
<i>Epipona tatua</i> (Cuvier, 1797)	<i>Trigona cilipes</i> (Fabricius, 1804)	Rasmussen (2004)	San Martín, Peru

by the defensive behavior of the wasps (Rasmussen, 2004; Souza et al., 2013).

This benefit of mutual occupation of nests has already been observed between *Partamona seridoensis* (Camargo & Pedro, 2003) and termites of the genus *Microcerotermes* (Oliveira, 2016). The protection offered by social wasps explains the harmonious interactions established with other insects, such as the social wasp *Polybia rejecta* (Fabricius, 1798) and the ant *Azteca chartifex cearensis* Forel, 1903 (Souza et al., 2013). This interaction was reported even with vertebrates, such as the bird *Tolmomyias sulphurens* (Spix, 1825) and the social wasp *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) (Carvalho et al., 2023).

Partamona helleri bees, as well as other species of the genus, use a mixture of dirt and resins as the basic material for building their nests. These substances are applied to specific parts of the nest, such as the entrance structure, pillars, and connectors of the vestibule, as well as the pillars supporting the brood combs and food jars (Camargo & Pedro, 2003). In addition to these materials, here it was observed that cellulose from the wasp's nest may have been incorporated into the nest wall, indicating that the bees may have reused this material along with the clay and resin to build part of the colony's structure. This reuse suggests the ecological efficiency and architectural plasticity of bees when building their nests.

CONCLUSION

Here we have expanded information on the occupation of social wasp nests by other species, confirming the ecological importance of these structures in ecosystems. The nests of *P. scutellaris* and other Polistinae species may be attractive to *P. helleri*, especially in degraded environments, as these nests have a protective shell that probably facilitates and protects the bees during nesting. We suggest further studies to verify the frequency of this reuse and to see if the hornets' nests are only occupied when abandoned or if they are usurped by *P. helleri*.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dr. Claus Rasmussen from Aarhus University for providing the document and professor David Silva Nogueira for identifying the bee specimens.

REFERENCES

- Araujo, D. P., & De Maria, M. (2008). Nesting of jumping spiders (Araneae, Salticidae) inside abandoned wasps nests (Hymenoptera, Aculeata). *Revista Brasileira de Zoociências*, 10(2), 171-173. <https://periodicos.ufrf.br/index.php/zoociencias/article/view/24065>
- Barbosa, B. C., Vieira, K. M., & Prezoto, F. (2015). Interações agressivas em abelhas sem ferrão: *Melipona quadrifasciata* (Lepeletier) invadindo ninho de *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier). *EntomoBrasilis*, 8(2), 152-154. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v8i2.472>
- Barreto, L. S., & Castro, M. S. (2007). Ecologia de nidificação de abelhas do gênero *Partamona* (Hymenoptera: Apidae) na caatinga, Milagres, Bahia. *Biota Neotropica*, 7, 87-92. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000100012>
- Camargo, J. M., & Pedro, S. R. (2003). Meliponini neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae) bionomia e biogeografia. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(3), 311-372. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262003000300001>
- Carpenter, J. M., & Marques, O. M. (2001). *Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespidae)* (Série Publicações Digitais, Vol. 2). Universidade Federal da Bahia.
- Carvalho, J. B., Vieira, L. R., Castro Jacques, G., & Souza, M. M. (2023). Nesting of birds associated with social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in Brazilian Cerrado. *Ornithology Research*, 31(3), 240-243. <https://doi.org/10.1007/s43388-023-00136-2>
- Ferreira, K. M. (2011). *A colonização de uma área por espécies de abelhas sem ferrão. Um Estudo de Caso: Partamona helleri* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) [Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos].
- Hozumi, S., Yamane, S., Miyano, S., Mateus, S., & Zucchi, R. (2005). Diel changes of temperature in the nests of two *Polybia* species, *P. paulista* and *P. occidentalis* (Hymenoptera, Vespidae) in the subtropical climate. *Journal of Ethology*, 23, 153-159. <https://doi.org/10.1007/s10164-004-0141-3>
- Hozumi, S., Mateus, S., Kudô, K., Kuwahara, T., Yamane, S., & Zucchi, R. (2010). Nest thermoregulation in *Polybia scutellaris* (White) (Hymenoptera: vespidae). *Neotropical Entomology*, 39(5), 826-828. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000500024>

- Hubbell, S. P., & Johnson, L. K. (1977). Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. *Ecology*, 58(5), 949-963. <https://doi.org/10.2307/1936917>
- Jacques, G. C., Ferreira, W. D., Moura, P. A., Teófilo-Gudes, G., & Souza, M. M. (2022). Nesting of the keyhole wasp *Pachodynerus nasidens* (Latreille, 1812) (Vespidae, Eumeninae) in a nest of a paper wasp (Vespidae, Polistinae). *Journal of Hymenoptera Research*, 93, 125-130. <https://doi.org/10.3897/jhr.93.91298>
- Jacques, G. C., Francisco, S. C. C., Rubim, L. G. T., & Souza, M. M. (2023). Occupation of *Synoecca surinama* (L.) (Vespidae, Polistinae) nests by *Nasutitermes obscurus* (Holmgren) (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Cerrado. *EntomoBrasilis*, 16, e1054. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v16.e1054>
- Jones, J. C., & Oldroyd, B. P. (2006). Nest thermoregulation in social insects. *Advances in Insect Physiology*, 33, 153-191. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(06\)33003-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(06)33003-2)
- Kerr, W. E., Sakagami, S. F., Zucchi, R., Portugal-Araújo, V., & Camargo, J. M. F. (1967). Observações sobre a arquitetura dos ninhos e comportamento de algumas espécies de abelhas das vizinhanças de Manaus, Amazonas (Hymenoptera, Apoidea). In H. Lent (Ed.), *Atas do simpósio sobre a biota amazônica* (pp. 255-309). Conselho Nacional de Pesquisas. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/209633#page/1/mode/1up>
- Kerr, W. E., Carvalho, G. A., Silva, A. C., & Assis, M. G. P. (2001). Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. *Parcerias Estratégicas*, 12, 20-41.
- Lucas, P. H. (1889). Communique la note suivante relative a des Hyménoptères sociaux de la division des Méliponides. *Bulletin Entomologique*, 9, 107-108.
- Netto, P., Guimarães, T., & Faria-Mucci, G. M. (2007). Levantamento da fauna urbana de meliponídeos (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) em Cataguases-MG. In *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Sociedade de Ecologia do Brasil. <https://www.seb-ecologia.org.br/revistas/indexar/anais/viiiceb/pdf/440.pdf>
- Noll, F. B., Silva, M., Soleman, R. A., Lopes, R. B., Grandinete, Y. C., Almeida, E. A. B., Wenzel, J. W., & Carpenter, J. M. (2021). Marimbondos: systematics, biogeography, and evolution of social behaviour of neotropical swarm-founding wasps (Hymenoptera: Vespidae: Epiponini). *Cladistics*, 37(4), 423-441. <https://doi.org/10.1111/cld.12446>
- Oliveira, T. F. F. N., Silva, L. L., & Hrnčíř, M. (2016). Opportunistic occupation of nests of *Microcerotermes* spp. Silvestri (Termitidae, Termitinae) by *Partamona seridoensis* Camargo & Pedro (Apidae, Meliponini) in the Brazilian tropical dry forest. *Sociobiology*, 63(1), 731-734. <https://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/975>
- Pinto, N. P. O. (2005). Estudo de caso: a reutilização de células de ninho abandonado de *Polistes (Aphanilopterus)* similimus Zikán, 1951 (Hymenoptera: Vespidae, Polistinae) por *Tetrapedia (Tetrapedia) diversipes* Klug, 1810 (Hymenoptera: Apidae, Apinae). *Revista de Etologia*, 7(2), 67-74. https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1517-28052005000200003
- Rasmussen, C. (2004). A stingless bee nesting with a paper wasp (Hymenoptera: Apidae, Vespidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77(4), 593-601. <https://doi.org/10.2317/E29.1>
- Rasmussen, C., & Camargo, J. M. F. (2008). A molecular phylogeny and the evolution of nest architecture and behavior in *Trigona* sp. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*, 39(1), 102-118. <https://doi.org/10.1051/apido:2007051>
- Richards, O. W., & Richards, M. J. (1951). Observations on the social wasps of South America (Hymenoptera Vespidae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 102(1), 1-169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1951.tb01241.x>
- Richards, O. W. (1978). *The social wasps of the Americas excluding the Vespinae*. British Museum (Natural History).
- Rocha, I. R. D., & Raw, A. (1982). Dinâmica das populações da vespa solitária *Zeta argizaaea* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Eumenidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 11(1), 57-78. <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v11i1.264>
- Roubik, D. W. (2006). Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, 37(2), 124-143. <https://doi.org/10.1051/apido:2006026>
- Shackleton, K., Balfour, N. J., Toufaily, H. A., Alves, D. A., Bento, J. M., & Ratnieks, F. L. W. (2019). Unique nest entrance structure of *Partamona helleri* stingless bees leads to remarkable 'crash-landing' behaviour. *Insectes Sociaux*, 66, 471-477. <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00709-9>
- Silva-Matos, E. V., Noll, F. B., & Zucchi, R. (2000). Sistemas de regulação social encontrados em abelhas altamente eussociais (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). In *Anais do IV Encontro sobre Abelhas*, Universidade de São Paulo. <https://rge.fmrp.usp.br/encontro/esb04.php>
- Siqueira, E. N. L., Bartelli, B. F., Nascimento, A. R. T., & Nogueira-Ferreira, F. H. (2012). Diversity and nesting substrates of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in a forest remnant. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012, 370895. <https://doi.org/10.1155/2012/370895>
- Somavilla, A., Oliveira, M. L. D., & Silveira, O. T. (2012). Guia de identificação dos ninhos de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) na Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56(4), 405-414. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262012000400003>

- Souza, M. M., Junqueira, L. A., Jacques, G. C., Teófilo-Guedes, G. S., & Zanuncio, J. C. (2022). *Camponotus renggeri* (Formicidae) predated *Agelaia vicina* (Vespidae) nest and occupied *Parachartergus pseudapicalis* (Vespidae) nest. *Sociobiology*, 69(2), e7883. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v69i2.7883>
- Souza, M. M., Pires, E. P., & Prezoto, F. (2013). Nidification of *Polybia rejecta* (Hymenoptera: Vespidae) associated to *Azteca chartifex* (Hymenoptera: Formicidae) in a fragment of Atlantic Forest, in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 13(3), 390-392. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000300038>
- Wenzel, J. W. A. (1998). A generic key to the nests of hornets, yellowjackets, and paper wasps worldwide (Vespidae: Vespinae, Polistinae). *American Museum Novitates*, 3224, 1-39. <http://hdl.handle.net/2246/3502>

AUTHORS' CONTRIBUTION

E. D. Fôlha-Ferreira contributed to conceptualization, investigation, writing (original draft); D. G. S. Renne contributed to investigation and writing (original draft); I. R. V. Teixeira contributed to writing (original draft, review and editing); D. S. Vilela contributed to writing (review and editing); and M. M. Souza contributed to methodology, resources, writing (review and editing).

Occupation of *Chartergellus communis* Richards, 1978
(Vespidae, Polistinae) nest by *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977
(Termitidae, Nasutitermitinae)

Ocupação de um ninho de *Chartergellus communis* Richards, 1978
(Vespidae, Polistinae) por *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977
(Termitidae, Nasutitermitinae)

Marcos Magalhães de Souza¹  | Diego Gonçalves dos Santos Renne¹ 

Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim¹  | Gabriel de Castro Jacques¹ 

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas. Inconfidentes, Minas Gerais, Brasil

Abstract: Epiponini (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) species typically construct their nests with an external envelope, which provides protection against predators and the weather, as in *Chartergellus communis*. For this reason, these nests, when abandoned, are reused by different orders of insects, although until now there had been only a single record involving termites (Blattodea, Termitidae). This study adds information on the reuse of social wasp nests by Termitidae. The record was made in a building next to a gallery forest, a Cerrado phytophysiology, in the Parque Nacional Grande Sertão Veredas. The nest still had a protective envelope and the cells of the first comb were blocked by stercoral material, which suggests that the *C. communis* nest was being used as a satellite nest by termites. This reuse of abandoned wasps' nests as satellite nests may be frequent in the Cerrado, so we suggest that more observations need to be made to validate this hypothesis, as well as answer an important question: do termites invade the nests of social wasps that are still active, or do they just reuse those that have already been abandoned?

Keywords: Cerrado. Reutilization. Social wasp. Termite. Protection. Satellite nest.

Resumo: As espécies de Epiponini (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae), comumente, constroem seus ninhos com um envelope externo, o que confere proteção contra predadores e intempéries, assim como em *Chartergellus communis*. Por isso, esses ninhos, quando abandonados, são reutilizados por diversas ordens de insetos, porém, até o presente trabalho, só havia um registro para cupim (Blattodea, Termitidae). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo acrescentar informações sobre a reutilização de ninho de vespas sociais por Termitidae. O registro ocorreu em uma edificação próxima à mata de galeria, fitofisionomia do Cerrado, no Parque Nacional Grande Sertão Veredas. O ninho ainda apresentava envelope protetor e as células do primeiro favo estavam obstruídas por material estercoral, por isso, provavelmente, o ninho de *C. communis* estava sendo utilizado como ninho satélite pelos cupins. Essa reutilização de vespários abandonados como ninhos satélites pode ser frequente no Cerrado, por isso sugere-se que mais observações sejam feitas para validar esta hipótese, além de responder a um questionamento importante: os cupins invadem os ninhos de vespas sociais ainda ativos ou apenas reutilizam os já abandonados?

Palavras-chave: Cerrado. Reutilização. Vespa social. Cupim. Proteção. Ninho satélite.

Souza, M. M., Renne, D. G. S., Crispim, F. G. A., & Jacques, G. C. (2025). Occupation of *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) nest by *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0982. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0982>

Corresponding author: Marcos Magalhães de Souza. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas. *Campus Inconfidentes* (marcos.souza@ifsuldeminas.edu.br).

Received on 05/08/2024

Approved on 10/27/2024

Editorial responsibility: Valéria Juliete da Silva



INTRODUCTION

Abandoned nests of social wasps (Vespidae: Polistinae) provide different resources that are exploited by other arthropods, whether to obtain shelter, food, protection against predators and bad weather, as recorded for spiders (Araújo & De Maria, 2008), ants (Souza et al., 2022), bees (Pinto, 2005), solitary wasps (Eumeninae) (Jacques et al., 2022) and other social wasp species (Renne et al., 2022). However, only one study has documented this occupation by termites, which was reported in the Brazilian *Cerrado* (Jacques et al., 2023).

This biome, considered a global hotspot (Myers et al., 2000), constitutes the Savanna with the greatest biodiversity in the world, with an endemism rate exceeding 44% (Klink & Machado, 2005; Simon et al., 2009; Joly & Padgurschi, 2019). Originally occupied 25% of the Brazilian territory, however, around 46% of the biome was eliminated between the 60s of the 20th century and the first two decades of the 21st, with only 11% of the area

protected by Conservation Units (Strassburg et al., 2017; Sano et al., 2008).

This panorama makes studies on biodiversity, ethology, and ecology on the biota of the *Cerrado* an emergency, to propose strategies for their conservation (Resende et al., 2021). Thus, the objective here is to add information about the reuse of social wasp nests by termites in this Biome.

MATERIAL AND METHODS

An active nest of social wasp was recorded, in November 2022, as part of a social wasp inventory project in the Grande Sertão Veredas National Park (PARNA GSV), in the north of Minas Gerais, Brazil (Francisco et al., 2023). The nest was located in the woodwork of a kiosk, 1.7 m above the ground, about 20 meters from the Rio Preto (15° 11' 16.4" S, 45° 41' 00.9" W), associated with Mata de Galeria, *Cerrado* phytophysognomy. Specimens of the wasp were collected and identified by Dr. Orlando

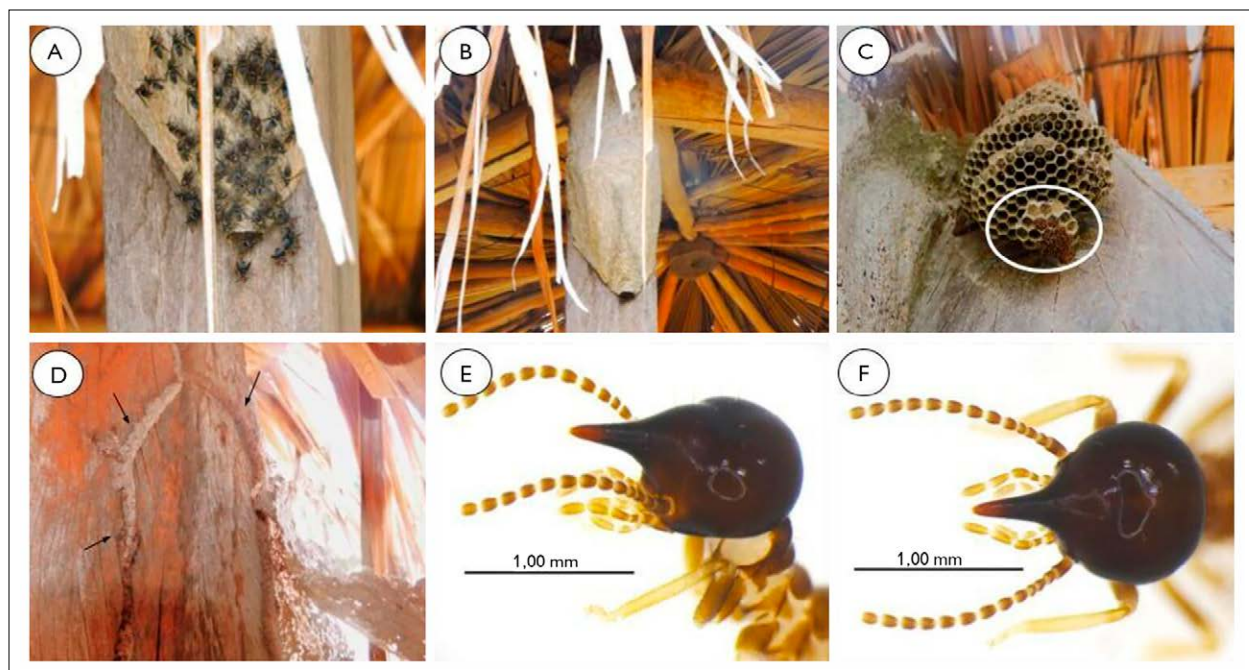


Figure 1. Active nest of *Chartergellus communis* (A), nesting in the structure of a kiosk (B), and after abandoned, occupied by storage material (C), with termite foraging galleries communicating with the wasp nest (D), soldiers of the termite *Nasutitermes unduliceps* in dorsal (E) and lateral (F) views collected in these galleries. Images: M. M. Souza (2022).

Tobias da Silveira (*Museu Paraense Emílio Goeldi* - MPEG, Belém, Pará). In January 2023, this same nest was found abandoned and occupied by termites, from which specimens were collected, identified by Dr. Reginaldo Constantino (University of Brasília - UnB), and deposited in the UnB collection, under number 11717. The photographs, at both times, were taken with a camera (Nikon coolpix 60× Optical Zoom Wide).

RESULTS

The nest, of the social wasp *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Figures 1A, 1B), was found abandoned with the external envelope preserved. When removing the external envelope, it was observed that some breeding cells, those closest to the nest opening, were occupied by sterol material (Figure 1C), which shows the occupation by termites. It was also noted that termite galleries were connected to the wasp nest (Figure 1D). No termites were observed in the nest when the envelope was removed, only in the galleries that provided communication, identified as *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae: Nasutitermitinae) (Figures 1E, 1F).

DISCUSSION

The presence of obstructed cells in the comb indicates that the termite began occupying the *C. communis* nest, probably to be used as a satellite nest. This behavior has already been reported for another species of termite, *Nasutitermes obscurus* (Holmgren, 1906), in two nests of the social wasp *Synoecca surinama* (Linnaeus, 1767), in the same area as the present record (Jacques et al., 2023).

Nasutitermes spp. have an arboreal habit, adapting to different conditions to expand or change their colonies (Thorne & Haverty, 2000), including the establishment of satellite nests, in which these termites can use resistant structures built by other insects, such as the abandoned nests of social wasps (Jacques et al., 2023), since it is theoretically less costly than creating a new structure. Therefore, this behavior is an important

strategy for saving energy and survival, as these satellite nests can serve as a foraging support and food storage area (Holt & Easey, 1985). However, there is little information about the biology, behavior, and ecology of *N. unduliceps*, with studies focusing only on its occurrence and geographic distribution (Constantino & Canello, 1992; Cunha et al., 2006).

The nests of *Nasutitermes* spp. are composed of stercoral material (partially digested wood together with salivary and fecal fluids) and are built directly on the substrate, such as tree trunks (Light, 1933; Emerson, 1938; Thorne et al., 1996) or wood present in human buildings (Cruz et al., 2012). Thus, the structure and the construction site of the *C. communis* nest may have facilitated the location and occupation by the termites.

The nest of this social wasp has a protective envelope with a single opening, is resistant, and built directly on the nesting substrate (Silva et al., 2022), like the nest of *S. surinama* (Jacques et al., 2023), which also builds enveloped nests directly on the substrate and with a single opening (Somavilla et al., 2012). However, they have distinct architectural patterns (Richards & Richards, 1951), as the position of the combs is very different, while in *S. surinama* they are parallel and adhered to the nesting substrate, Astelocytar architecture, in *C. communis*, the combs are perpendicular to the substrate, Calyptodomoc Stelocytarus architecture (Carpenter & Marques, 2001), which may be a reflection of the adaptability and resilience of these termites when using nesting structures.

This study adds information about the ecology and behavior of *N. unduliceps* and is the second report on the reuse of abandoned nests of social wasps by termites. Based on the above, it is plausible that the reuse of these nests by termites as satellite nests is frequent in the Biome. However, it is suggested that more observations are needed to validate this hypothesis, in addition to answering an important question, whether termites invade social wasp nests still active or just reusing abandoned ones.

ACKNOWLEDGMENTS

To Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – campus Bambuí and Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) – campus Inconfidentes for logistics. To Dr. Reginaldo Constantino from the UnB for identifying the termite. To the employees of the Grande Sertão Veredas National Park for their collaboration during the collection period. To the interns who were members of the field team and assisted in data collection. To Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) for granting the collection licenses.

REFERENCES

- Araújo, D. P., & De Maria, M. (2008). Nesting of jumping spiders (Araneae, Salticidae) inside abandoned wasps nests (Hymenoptera, Aculeata). *Revista Brasileira de Zoociências*, 10(2), 171-173. <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24065>
- Carpenter, J. M., & Marques, O. M. (2001). *Contribuição ao estudo de vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae)* (Série Publicações Digitais, v. 2, versão 1.0) [CD-ROM]. Universidade Federal da Bahia.
- Constantino, R., & Cancellato, E. M. (1992). Cupins (Insecta, Isoptera) da Amazônia brasileira: distribuição geográfica e esforço de coleta. *Revista Brasileira de Biologia*, 52(3), 401-413.
- Cruz, C. S. A., Medeiros, M. B., Sousa, F. C., Silva, L. M. M., & Gomes, J. P. (2012). Uso de partes vegetativas em forma de pó seco no controle de cupins *Nasutitermes* sp. (Insecta: Isoptera) Termitidae. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(2), 102-105.
- Cunha, H. F., Costa, D. A., & Brandão, D. (2006). Termite (Isoptera) assemblages in some regions of the Goiás State, Brazil. *Sociobiology*, 47(2), 505-517.
- Emerson, A. E. (1938). Termite nests-a study of the phylogeny of behavior. *Ecological Monographs*, 8(2), 247-284. <https://doi.org/10.2307/1943251>
- Francisco, S. C. C., Gouvêa, T. P., Rubim, L. G. T., Jacques, G. C., & Souza, M. M. (2023). Social wasps (Vespidae: Polistinae) in Cerrado and Caatinga conservation units, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica*, 23(4), e20231563. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2023-1563>
- Holt, J. A., & Easey, J. F. (1985). Polycalic colonies of some mound building termites (Isoptera: Termitidae) in Northeastern Australia. *Insectes Sociaux*, 32, 61-69. <https://doi.org/10.1007/bf02233226>
- Jacques, G. C., Ferreira, W. D., Moura, P. A., Teófilo-Guedes, G., & Souza, M. M. (2022). Nesting of the keyhole wasp *Pachodynerus nasidens* (Latreille, 1812) (Vespidae, Eumeninae) in a nest of a paper wasp (Vespidae, Polistinae). *Journal of Hymenoptera Research*, 93, 125-130. <https://doi.org/10.3897/jhr.93.91298>
- Jacques, G. C., Francisco, S. C. C., Rubim, L. G. T., & Souza, M. M. (2023). Occupation of *Synoeca surinama* (L.) (Vespidae, Polistinae) nests by *Nasutitermes obscurus* (Holmgren) (Termitidae, Nasutitermitinae) in the Cerrado. *EntomoBrasilis*, 16, e1054. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v16.e1054>
- Joly, C. A., & Padgurschi, M. C. G. (Coords.). (2019). Apresentando o diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. In C. A. Joly, F. R. Scarano, C. S. Seixas, J. P. Metzger, J. P. Ometto, M. M. C. Bustamante, M. C. G. Padgurschi, A. P. F. Pires, P. F. D. Castro, T. Gadda, & P. Toledo (Eds.), *1º diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos* (pp. 6-33). Editora Cubo. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian cerrado. *Conservation Biology*, 19(3), 707-713. <https://doi.org/10.1111/92Fj.1523-1739.2005.00702.x>
- Light, S. F. (1933). Termites of western Mexico. *University of California Publications in Entomology*, 6, 79-164.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Pinto, N. P. O. (2005). Estudo de caso: a reutilização de células de ninho abandonado de *Polistes* (Aphanilopterus) *simillimus* Zikán, 1951 (Hymenoptera: Vespidae, Polistinae) por *Tetrapedia* (Tetrapedia) *diversipes* Klug, 1810 (Hymenoptera: Apidae, Apinae). *Revista de Etologia*, 7(2), 67-74. https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1517-28052005000200003
- Renne, D. G. S., Ferreira, E. D. F., Silva, M. L. S., & Souza, M. M. (2022). Nidificação de *Mischocyttarus socialis* e *Mischocyttarus cerberus* em ninho abandonado de *Polybia* spp. Josif. In *14ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS*, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais. <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/view/108>
- Resende, F. M., Cimon-Morin, J., Poulin, M., Meyer, L., Joner, D. C., & Loyola, R. (2021). The importance of protected areas and Indigenous lands in securing ecosystem services and biodiversity in the Cerrado. *Ecosystem Services*, 49, 101282. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101282>

- Richards, O. W., & Richards, M. J. (1951). Observations on the social wasps of South America (Hymenoptera – Vespidae). *Ecological Entomology*, 102(1), 1-169. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1951.tb01241.x>
- Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G. (2008). Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(1), 153-156. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>
- Silva, E. S., Souza, M. M., Barbosa, B. C., Castro, B. M. C., Silva Junior, A. S. P., Zanetti, R., & Zanuncio, J. C. (2022). *Chartergellus communis* (Hymenoptera: Vespidae): nesting and nest camouflage in different phytophysiognomies in the states of Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e262516. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262516>
- Simon, M. F., Grether, R., Queiroz, L. P., Skema, C., Pennington, R. T., & Hugues, C. E. (2009). Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(48), 20359-20364. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903410106>
- Somavilla, A., Oliveira, M. L., & Silveira, O. T. (2012). Guia de identificação dos ninhos de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) na Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56(4), 405-414. <https://doi.org/10.1590/s0085-56262012000400003>
- Souza, M. M., Junqueira, L. A., Jacques, G. C., Teófilo-Guedes, G. S., & Zanuncio, J. C. (2022). *Camponotus renggeri* (Formicidae) predated *Agelaia vicina* (Vespidae) nest and occupied *Parachartergus pseudapicalis* (Vespidae) nest. *Sociobiology*, 69(2), e7883. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v69i2.7883>
- Strassburg, B. B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., Oliveira-Filho, F. J. B., Scaramuzza, C. A. M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B., & Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 99. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- Thorne, B. L., Collins, M. S., & Bjorndal, K. A. (1996). Architecture and nutrient analysis of arboreal carton nests of two neotropical *Nasutitermes* species (Isoptera: Termitidae) with notes on embedded nodules. *The Florida Entomologist*, 79(1), 27-37. <https://doi.org/10.2307/3495751>
- Thorne, B. L., & Haverty, M. I. (2000). Nest growth and survivorship in three species of Neotropical *Nasutitermes* (Isoptera: Termitidae). *Environmental Entomology*, 29(2), 256-264. <https://doi.org/10.1093/ee/29.2.256>

AUTHORS' CONTRIBUTION

M. M. Souza contributed to project administration and writing (original draft, review, and editing); D. G. S. Renne contributed to data collection and writing (original draft, review, and editing); F. G. A. Crispim contributed to data collection and writing (original draft, review, and editing); and G. C. Jacques contributed to supervision and writing (original draft, review, and editing).

Honeydew of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) as a food resource for social wasps (Vespidae: Polistinae) in an urban area within the Atlantic Forest-Cerrado ecotone
*Honeydew de *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) como recurso alimentar para vespas sociais (Vespidae: Polistinae) em área urbana no ecótono entre Mata Atlântica e Cerrado*

Glauco Cássio de Sousa Oliveira^I  | Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim^{II}  |

Diogo Silva Vilela^{II}  | Marcos Magalhães de Souza^{II} 

^IUniversidade Federal de Lavras. Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada. Lavras, Minas Gerais, Brazil

^{II}Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais. Inconfidentes, Minas Gerais, Brazil

Abstract: *Aethalion reticulatum* frequently forms symbiotic interactions with hymenopteran insects, however, there is little information involving social wasps. Thus, the aim of this study was to provide ecological and ethological information regarding the use of honeydew produced by *A. reticulatum* as a food resource for different species of social wasps in an urban environment, in an ecotonal region between the Cerrado and Atlantic Forest in southeastern Brazil. During the study, 54 individuals of 10 species of social wasps were recorded consuming honeydew produced by *A. reticulatum*. It is likely that generalizing and standardizing classifications of interactions between social wasp-hemipteran will not be possible. Nevertheless, our study provides important information: first, different species of Polistinae can simultaneously use honeydew produced by *A. reticulatum* as a food source in urban environments, and second, it contributes ethological information, with newly behavioral acts, regarding the use and competition for this food resource among social wasps.

Keywords: Etology. Ecology. Kleptobiosis. Auchenorrhyncha. Hymenoptera.

Resumo: *Aethalion reticulatum* frequentemente forma interações simbióticas com insetos himenópteros, porém há poucas informações envolvendo vespas sociais. Assim, o objetivo deste estudo foi acrescentar informações ecológicas e etológicas sobre a utilização de *honeydew* produzido por *A. reticulatum* como recurso alimentar para diferentes espécies de vespas sociais em ambiente urbano, em uma região ecotonal de Cerrado e Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. Durante o trabalho, foram registrados 54 indivíduos de dez espécies de vespas sociais consumindo *honeydew* produzido por *A. reticulatum*. É provável que não seja possível generalizar e padronizar as classificações das interações entre vespas sociais e hemípteros, entretanto nosso estudo traz importantes informações: primeiro, diferentes espécies de Polistinae podem utilizar simultaneamente o *honeydew* produzido por *A. reticulatum* como fonte de alimento em ambiente urbano; segundo, acrescentou-se informações etológicas, com novos atos comportamentais, quanto à utilização e à competição entre vespídeos sociais por esse recurso alimentar.

Palavras-chave: Etologia. Ecologia. Cleptobiose. Auchenorrhyncha. Hymenoptera.

Oliveira, G. C. S., Crispim, F. G. A., Vilela, D. S., & Souza, M. M. (2025). Honeydew of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) as a food resource for social wasps (Vespidae: Polistinae) in an urban area within the Atlantic Forest-Cerrado ecotone.

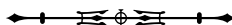
Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, 20(2), e2025-0971. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0971>

Corresponding author: Glauco Cássio de Sousa Oliveira. Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, MG, Brasil (glaucomlds@hotmail.com).

Received on 05/04/2024

Approved on 11/10/2024

Editorial responsibility: Valéria Juliete da Silva



INTRODUCTION

Understanding the interspecific relationships among organisms allows for the establishment of more productive and conservationist management practices in agricultural (Parada & Salas, 2023) and urban ecosystems (Prezoto et al., 2019), as it enables the comprehension and valorization of different environmental services, such as biological control (Prezoto et al., 2019) and pollination (Brock et al., 2021). This supports research aimed at clarifying ecological connections, such as the utilization of honeydew excreted by hemipterans, which serves as a food source for a variety of animal groups (Fölling et al., 2001; Davidson et al., 2003; Chamorro et al., 2013). This excretion results from the elimination of excess sugar obtained during feeding, which can be beneficial for sap-sucking hemipterans, as it attracts other insects, like ants, that protect them from their predators (Nelson & Mooney, 2022). This symbiotic relationship, named trophobiosis, has been known to confer advantages to plants, as defensive strategy against herbivores. However, it may also have drawbacks, including the potential suppression of pollinators by ant antagonism (Ibarra-Isassi & Oliveira, 2018), and possibly promoting the spread of sooty mold (Azuara-Dominguez et al., 2021).

Studies have demonstrated the use of this excretion by social wasps (Vespidae: Polistinae) in different locations around the world (Letourneau & Choe, 1987; Dejean & Turillazzi, 1992). However, these interactions are not fully elucidated, with limited information available, especially for Brazil (e.g., Ricioli et al., 2017). These social insects prey on different agricultural pests (Brock et al., 2021), including in urban environments (Prezoto et al., 2019), and have a wide geographic distribution in Brazil, such as in the *Cerrado* and *Mata Atlântica* (Souza et al., 2020a, 2020b).

Aethalion reticulatum (Linnaeus 1767) (Hemiptera: Aethalionidae), is a sap-sucking hemipteran that secretes honeydew. This species has a wide distribution in Brazil (Rando & Lima, 2010; Santos et al., 2015) and attacks different native and commercial plant species (Resende et al., 2021; Santos & Silva, 2021; Oliveira, 2024). The exudate

is consumed as a food resource by stingless bees, ants and spiders (Santos & Silva, 2021; Oliveira et al., 2025). In general, the interactions established between *A. reticulatum* and hymenopterans are considered mutualistic, in which the insects offer protection to the leafhoppers in exchange for food resources (honeydew), e.g., ants (Rando & Lima, 2010), and stingless bees (Oda et al., 2009; Baronio et al., 2012; Santos & Silva, 2021). However, this interaction is not fully understood when it involves social wasps, as it can be interpreted as mutually beneficial (Letourneau & Choe, 1987) or non-mutualistic, e.g. as kleptobiosis (Ricioli et al., 2017).

Thus, the aim of this study was to add information into the utilization of excretions from *A. reticulatum* as a food source for various species of social wasps in an urban setting within the transitional zone between the *Cerrado* and Atlantic Forest domains. Studies like this contribute to the elucidation of trophic interactions that depend on honeydew, especially in urbanized areas and when involving groups with limited available information, such as social wasps (Ricioli et al., 2017).

MATERIAL AND METHODS

In early January 2024, social wasps were observed visiting colonies of *A. reticulatum* ($n = 6$) on a *Cinnamomum verum* J. Presl tree (Lauraceae) in the urban area of Ritópolis (21° 01' 23.87" S; 44° 19' 12.09" W), in the mesoregion of Campos das Vertentes, at the ecotone between the domains of the Atlantic Forest and *Cerrado* (Oliveira et al., 2023), Minas Gerais, Southeast Brazil. Social wasp individuals were captured using an entomological net from the 10th to the 15th of the same month, for eight hours per day, divided between four hours in the morning (08:00-12:00) and four hours in the afternoon (14:00-18:00), totaling 40 hours of sampling effort. The captured specimens were sent to the *Coleção Biológica de Vespas Sociais* (CBVS) at the *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais* (IFSULDEMINAS), Inconfidentes campus, where they were identified, measured, and deposited in the collection. In addition to collecting the wasps,

behavioral observation of the specimens was conducted using the ad libitum method (Del-Claro, 2010) during the same sampling period, as well as nighttime monitoring of the *A. reticulatum* colonies. *Aethalium reticulatum* was identified by Dr. Luiz Carlos Dias Rocha (IFSULDEMINAS, Inconfidentes *campus*) through photographs.

RESULTS AND DISCUSSION

Altogether, 54 individuals of ten social wasp species were recorded consuming honeydew from *Aethalium reticulatum* (Table 1).

Polybia fastidiosuscula was the most abundant wasp species with 18 individuals, corresponding to 33.33% of the total sample; *Agelaia multipicta* and *Polistes versicolor*, with two individuals each, and *Pseudopolybia vespiceps* with only one, were the least represented species. In addition to the social wasps, ants [*Camponotus* (*Myrmothrix*) *rufipes* (Fabricius, 1775), identified by Dra. Marília Maria Silva da Costa (*Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ*)] and stingless bees (*Trigona* cf. *hyalinata* Lepeletier, 1836), identified by Dra. Isabel Ribeiro do Valle (IFSULDEMINAS, Poços de Caldas *campus*) through photographs, were also recorded associated with *A. reticulatum* colonies during the daytime. Some colonies were associated with ants (n = 2) and others

with stingless bees (n = 4), while during the nighttime, all *A. reticulatum* colonies were tended by ants (n = 6).

We observed two foraging behaviors of the social wasps: (1) direct collection of the secretion from the leafhoppers (Table 1, Figures 1A and 1B); and (2) collection from leaves beneath sites where the *A. reticulatum* colonies were located (Table 1, Figure 2). Despite social wasps being important predators of numerous hemipterans (Brock et al., 2021), no predation on *A. reticulatum* individuals was observed, even those that were isolated from the colony or from colonies lacking protection from ants and/or bees.

Regarding the foraging behavior of the wasps (Figure 1), two behavioral interactions (Figures 1A and 1B) were recorded: in the first one (Figure 1A), medium-sized social wasps ranging from 1.2 to 2.3 cm, such as *Pseudopolybia vespiceps*, *Polistes ferrerri*, and *P. versicolor*, when approaching the colonies of *A. reticulatum*, exhibited antagonistic behaviors towards ants and bees, which were unsuccessful in driving away the social wasps. After landing on the hemipterans, the wasps apparently stimulated them with their antennae to release the honeydew (Figure 1C), as observed by Letourneau and Choe (1987) and Ricioli et al. (2017). These authors also described the behavior of *P. vespiceps*, which attacked approaching

Table 1. Species of social wasps recorded using honeydew produced by *Aethalium reticulatum* in urban environment in *Campos das Vertentes*. Legends: D = direct collection of honeydew from *A. reticulatum* individuals; I = indirect collection in vegetation near *A. reticulatum* colonies.

Tribe	Species	Abundance	Honeydew collect
Epiponini	<i>Agelaia multipicta</i> (Haliday, 1836)	2	D and I
	<i>A. vicina</i> (Saussure, 1854)	8	D and I
	<i>Pseudopolybia vespiceps</i> (Saussure, 1864)	1	D
	<i>Polybia fastidiosuscula</i> Saussure, 1854	18	D and I
	<i>P. occidentalis</i> (Olivier, 1791)	7	D and I
Polistini	<i>Polistes ferrerri</i> Saussure, 1853	3	D and I
	<i>P. versicolor</i> (Olivier, 1791)	2	D and I
Mischocyttarini	<i>Mischocyttarus cassununga</i> (R. von Ihering, 1903)	6	D and I
	<i>M. cf. paraguayensis</i> Zikán, 1935	4	D and I
	<i>M. rotundicollis</i> (Cameron, 1912)	3	I
Total individuals		54	

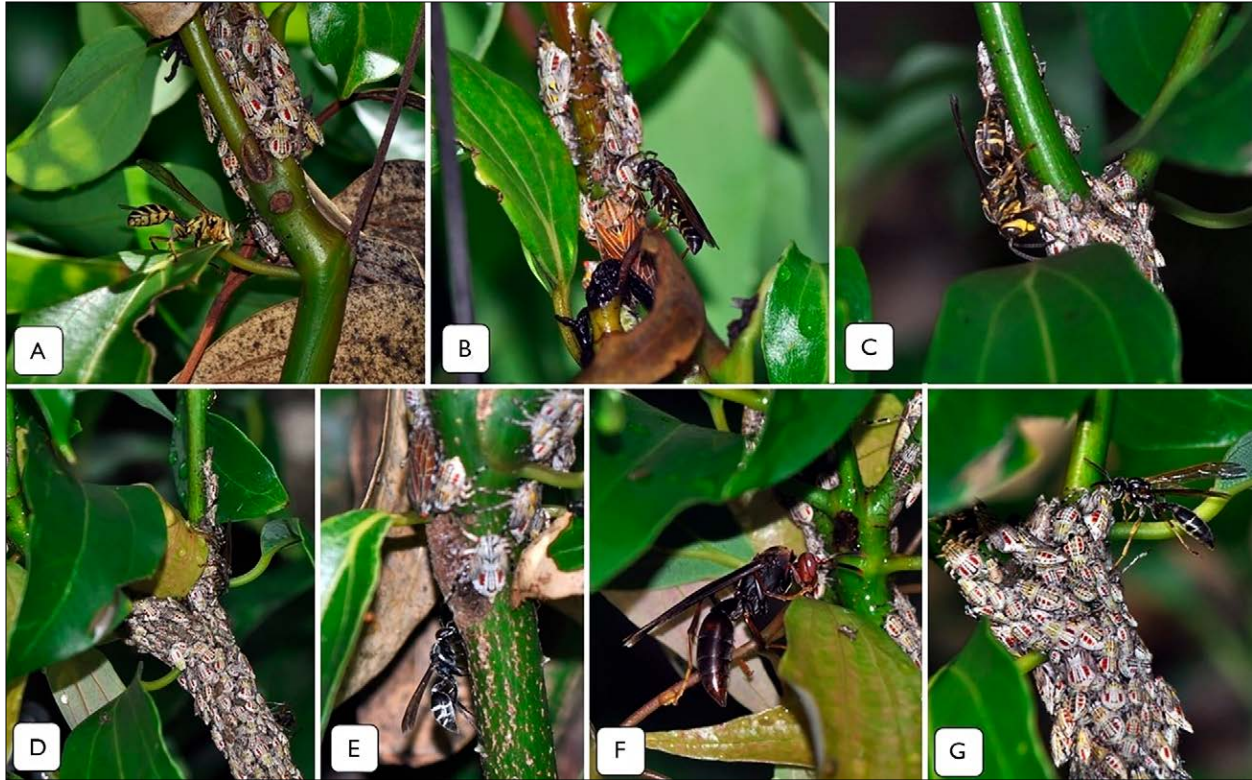


Figure 1. Social wasp species collecting honeydew directly from the hemipteran *Aethalion reticulatum*: A) *Agelaia multipicta*; B) *A. vicina*; C) *Pseudopolybia vespiceps*; D) *Polybia fastidiosuscula*; E) *P. occidentalis*; F) *Polistes ferreri*; G) *Mischocyttarus cassununga*. Photos: G. C. S. Oliveira (2024).

ants with 'kicks' during flight, near the leafhoppers from which they were collecting honeydew (Ricioli et al., 2017). However, we did not observe this aggressive behavior in the three species mentioned above. Instead, they used their mandibles to attack the ants and bees that approached the leafhopper colonies, like what was observed in *Synoeca septentrionalis* Richards, 1978 in Venezuela (Ramoni-Perazzi et al., 2006). In the second interaction (Figure 1B), medium-sized social wasps ranging from 0.8 to 1.1 cm (*Agelaia multipicta*, *Agelaia vicina*, *Polybia fastidiosuscula*, *Polybia occidentalis*, *Mischocyttarus cassununga*, and *Mischocyttarus cf. paraguayensis*) approached the colonies of the leafhoppers. However, they were immediately attacked and driven away by the ants and stingless bees. Therefore, these vespid wasps only succeeded in collecting honeydew for brief periods

when the colonies were momentarily unprotected by the ants and stingless bees.

The condition described above is opposite to what was observed by Letourneau and Choe (1987) in Costa Rica, where they reported colonies of *A. reticulatum* tended by the social wasp *Parachartergus fraternus* (Gribodo, 1892), which consistently drove away the ants. The ants only succeeded in collecting honeydew directly from the leafhoppers during brief moments when the wasps moved away from the colonies or were absent.

Regarding foraging behavior 2, the ants also attacked the social wasps, even up to around 15 cm away from the leafhopper colonies. An exception to this occurred with *Mischocyttarus rotundicollis*, which, despite having a medium size of 1.8 cm, did not exhibit foraging behavior (Figures 1A and 1B), but only performing behavior 2 (Figure 2E).

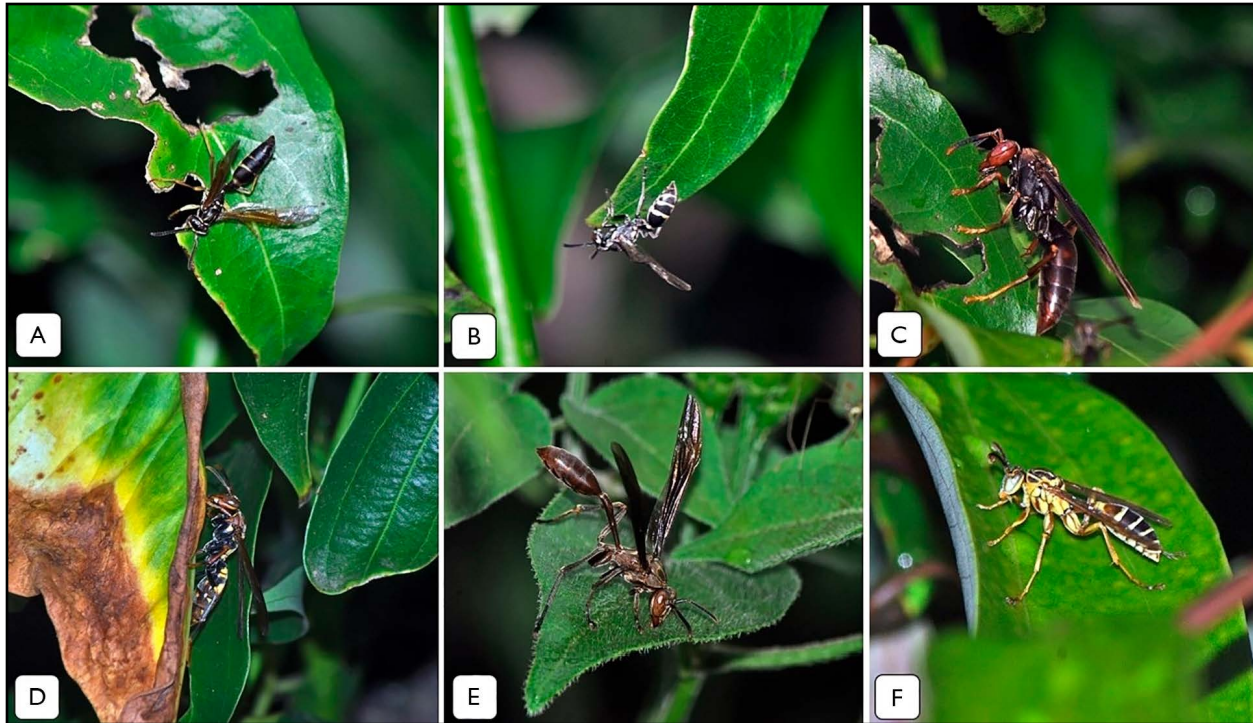


Figure 2. Social wasps collecting honeydew from vegetation near the colonies of *Aethalion reticulatum*: A) *Polybia fastidiosuscula*; B) *P. occidentalis*; C) *Polistes ferreri*; D) *P. versicolor*; E) *Mischocyttarus rotundicollis*; F) *M. cf. paraguayensis*. Photos: G. C. S. Oliveira (2024).

The interaction here described appears to be an ecological interaction of kleptobiosis (kleptoparasitism), both in the case of larger social wasps that drive away ants and stingless bees, as in the case of smaller social wasps that opportunistically consume honeydew only when the bees and ants were not present. This may occur because the aggressive and opportunistic behavior of the social wasps towards the stingless bees and ants may harm *A. reticulatum*, as the consumption of honeydew by the wasps occurs without any protection provided to the leafhoppers, as suggested by Ricioli et al. (2017). Another possibility would be a commensal relationship, in which the wasps simply take advantage of honeydew droplets released in the vegetation nearby *A. reticulatum* colonies, resulting in honeydew consumption without apparent harm or benefit to the leafhoppers, as suggested by Castro (1975) for some stingless bees of the genus *Trigona*.

Symbiotic interactions involving the collection of honeydew by social wasps from Hemiptera are relatively well-documented in the literature and occur with different species of wasps and taxa of leafhoppers, such as Membracidae, Coccidae, Kermesidae, and Cercopoidea (Belt, 1874; Jeanne, 1972; Jiron & Salas, 1975; Schremmer, 1978; Barrows, 1979; Wood, 1984). However, there are few reports of this association involving *A. reticulatum*, for example, for *P. fraternus* (Letourneau & Choe, 1987), *Pseudopolybia compressa* Saussure, 1863 (Brown, 1976), *P. vespiceps* (Ricioli et al., 2017), *Synoeca septentionalis* Richards, 1978 (Ramoni-Perazzi et al., 2006), and *Polistes erythrocephalus* Latreille, 1813 (MacCarroll & Reeves, 2004).

This type of association is considered stochastic (Letourneau & Choe, 1987) and can represent an important source of nutrition for social wasps, especially in urban environments. Although available studies have recorded a few species involved in these interactions,

our study corroborates Letourneau and Choe (1987) who consider that these interactions with hemipterans often involve a multi-species complex of social wasps. *A. multipicta*, *A. vicina*, *P. fastidiosuscula*, *P. occidentalis*, *P. ferrerii*, *P. versicolor*, *M. cassununga*, and *M. cf. paraguayensis* represent unpublished records of the use of honeydew as a food resource, which corroborates with the generalist and opportunistic feeding habits of these insects (Richter, 2000; Prezoto et al., 2019).

CONCLUSIONS

It is likely that applying standard classifications of symbiotic interactions between insects for the suborder Auchenorrhyncha and social wasps (mutualistic, non-mutualistic, or others) may not be possible, as each interaction contains a particular context that depends on the involved wasp species. Therefore, our study provides important insights: first, different species of Polistinae can simultaneously use the honeydew produced by *A. reticulatum* as a food source in urban environments in the ecotonal area between the Cerrado and Atlantic Forest domains; second, it added ethological information, with new behavioral acts, regarding the utilization and competition for this resource exhibited by social wasps.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Dr. Luiz Carlos Dias Rocha, Dra. Isabel Ribeiro do Valle and Dra. Marília Maria Silva da Costa for the identification of *A. reticulatum*, stingless bees and ants, respectively, and to the anonymous reviewers for their valuable suggestions and corrections.

REFERENCES

Azuara-Dominguez, A., Ramos, R. A., Dzul, M. L., Madriz, H. V., Flores, O. S., & Contreras, S. H. (2021). First report of the whitefly *Trialeurodes ursorum* Cockerell, 1910 (Hemiptera: Aleyrodidae) and severity of fumagin *Capnodium citri* in citrus trees in the municipality of Victoria, Tamaulipas, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(2), 43. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3409>

Baronio, G., Pires, A. C. V., & Aoki, C. (2012). *Trigona branneri* (Hymenoptera: Apidae) as a collector of honeydew from *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) on *Bauhinia forficata* (Fabaceae: Caesalpinoideae) in a Brazilian savanna. *Sociobiology*, 59(2), 407-414. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v59i2.603>

Barrows, E. M. (1979). *Polistes* wasps (Hymenoptera: Vespidae) show interference competition with other insects for kermes scale insects (Homoptera: Kermesidae) secretions. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 81(4), 570-575. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16180823>

Belt, F. G. S. T. (1874). *The naturalist in Nicaragua: A narrative of a residence at the gold mines of Chontales; journeys in the savannahs and forests. With observations on animals and plants in reference to the theory of evolution of living forms*. John Murray. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.1390>

Brock, R. E., Cini, A., & Sumner, S. (2021). Ecosystem services provided by aculeate wasps. *Biological Reviews*, 96(4), 1645-1675. <https://doi.org/10.1111/brv.12719>

Brown, R. L. (1976). Behavioral observations on *Aethalion reticulatum* (Hem., Aethalionidae) and associated ants. *Insectes Sociaux*, 23(2), 99-107. <https://doi.org/10.1007/BF02223844>

Castro, P. R. C. (1975). Mutualismo entre *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) e *Aethalion reticulatum* (L., 1767) em *Cajanus indicus* Spreng. na presença de *Camponotus* spp. *Ciência e Cultura*, 27(5), 537-539.

Chamorro, F. J., Nates-Parra, G., & Kondo, T. (2013). Honeydew of *Stigmacoccus asper* (Hemiptera: Stigmacoccidae): A bee-honey resource in oak forests of Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 61-70.

Davidson, D. W., Cook, S. C., Snelling, R. R., & Chua, T. H. (2003). Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science*, 300(5621), 969-972. <https://doi.org/10.1126/science.1082074>

Dejean, A., & Turillazzi, S. (1992). Territoriality during trophobiosis between wasps and homopterans. *Tropical Zoology*, 5(2), 237-247. <https://doi.org/10.1080/03946975.1992.10539196>

Del-Claro, K. (2010). *Introdução à ecologia comportamental: um manual para o estudo do comportamento animal*. Technical Books.

Fölling, M., Knogge, C., & Böhme, W. (2001). Geckos are milking honeydew-producing planthoppers in Madagascar. *Journal of Natural History*, 35(2), 279-284. <https://doi.org/10.1080/00222930150215378>

Ibarra-Isassi, J., & Oliveira, P. S. (2018). Indirect effects of mutualism: Ant-treehopper associations deter pollinators and reduce reproduction in a tropical shrub. *Oecologia*, 186, 691-701. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-4045-7>



- Jeanne, R. L. (1972). Social biology of the neotropical wasp *Mischocyttarus drewseni*. *Bulletin of The Museum of Comparative Zoology*, 144(3), 63-150. <https://biostor.org/reference/692>
- Jiron, P. L. F., & Salas, D. S. (1975). Simbiosis entre cochinillas de cola (Coccoidea: Margarodidae) y otros insectos. I. Los componentes del sistema simbiótico en la tierra alta de Costa Rica. *Brenesia*, 5, 67-71.
- Letourneau, D. K., & Choe, J. C. (1987). Homopteran attendance by wasps and ants: The stochastic nature of interactions. *Psyche: A Journal of Entomology*, 94, 81-91. <https://doi.org/10.1155/1987/12726>
- MacCarroll, M. A., & Reeves, W. K. (2004). Attendance of *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) by *Polistes erythrocephalus* (Hymenoptera: Vespidae) in Peru. *Entomological News*, 115(1), 52-53.
- Nelson, A. S., & Mooney, K. A. (2022). The evolution and ecology of interactions between ants and honeydew-producing hemipteran insects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 53, 379-402. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102220-014840>
- Oda, F. H., Aoki, C., Oda, T. M., Silva, R. A., & Felismino, M. F. (2009). Interação entre abelha *Trigona hyalinata* (Lepelletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae) e *Aethalion reticulatum* Linnaeus, 1767 (Hemiptera: Aethalionidae) em *Clitoria fairchildiana* Howard (Papilionoideae). *Entomobrasilis*, 2(2), 58-60. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v2i2.41>
- Oliveira, G. C. S., Gouvêa, T. P., & Souza, M. M. (2023). First record of giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla* - Myrmecophagidae) in Campos das Vertentes, Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 15(2023), e202317771-8. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v15nunico20231777>
- Oliveira, G. C. S. (2024). Nova planta hospedeira e novos registros da interação entre *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) com abelhas-sem-ferrão. *Entomological Communications*, 6, ec06006. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec06006>
- Oliveira, G. C. S., Demetrio, G. R., Jacques, G. C., Silva, I. H., Souza, M. M., & Brescovit, A. D. (2025). Drinking to the last drop! Record of honeydew consumption by a ghost spider (Araneae: Anyphaenidae) in an urban environment in southeastern Brazil. *Food Webs*, 44, e00406. <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2025.e00406>
- Parada, S. P., & Salas, C. B. (2023). Multifunctional plants: Ecosystem services and undervalued knowledge of biocultural diversity in rural communities—local initiatives for agroecological transition in Chile. *Land*, 13(1), 39. <https://doi.org/10.3390/land13010039>
- Prezoto, F., Maciel, T. T., Detoni, M., Mayorquin, A. Z., & Barbosa, B. C. (2019). Pest control potential of social wasps in small farms and urban gardens. *Insects*, 10(7), 192. <https://doi.org/10.3390/insects10070192>
- Ramoni-Perazzi, P., Bianchi-Pérez, G., & Bianchi-Ballesteros, G. (2006). Primer registro de asociación entre *Aetalion reticulatum* (Linné) (Hemiptera: Aetalionidae) y *Synoeca septentrionalis* Richards (Hymenoptera: Vespidae). *Entomotropica*, 21(2), 129-132.
- Rando, J. S. S., & Lima, C. B. (2010). Detecção de *Aethalion reticulatum* (L., 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) em alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) e observações sobre sua ocorrência. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 12(2), 239-242. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000200018>
- Resende, L. S., Moreira, L. B., Carvalho, V. C., & Carvalho, G. A. (2021). First report of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) infesting plants of *Coffea arabica* (Linnaeus, 1753) (Rubiaceae). *Coffee Science*, 16, e161910. <https://doi.org/10.25186/v16i.1910>
- Richter, M. R. (2000). Social wasp (Hymenoptera: Vespidae) foraging behavior. *Annual Review of Entomology*, 45, 121-150. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.121>
- Ricoli, L. S., Mendes, G. C., & Ferreira, R. G. (2017). Kick out the ants: A novel and striking behavior in ant-wasp interactions. *Sociobiology*, 64(1), 119-121. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v64i1.1199>
- Santos, R. S., Creão-Duarte, A. J., & Lunz, A. M. P. (2015). Infestação de *Aetalion reticulatum* (Linnaeus) (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Aethalionidae) em plantas de *Euterpe oleracea* (Martius) Arecaceae no estado do Acre. *Entomobrasilis*, 8(1), 69-73. <https://doi.org/10.12741/ebrazilis.v8i1.450>
- Santos, R. S., & Silva, E. N. (2021). Associação de formigas e abelhas-sem-ferrão com *Aetalion reticulatum* (L.) (Hemiptera: Aethalionidae) em plantio de açaçero-de-touceira. *Entomology Beginners*, 2, e004. <https://doi.org/10.12741/2675-9276.v2.e004>
- Schremmer, F. (1978). Eine neotropische Faltenwespen-Art (Hymenoptera: Vespidae), die Buckelzirpen-Larven (Homoptera: Membracidae) bewacht und deren Honigtau sammelt. *Entomologica Germanica*, 4(2), 183-186.
- Souza, M. M., Teófilo-Guedes, G. S., Milani, L. R., Souza, A. S. B., & Gomes, P. P. (2020a). Social wasps (Vespidae: Polistinae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Sociobiology*, 67(1), 1-12. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v67i1.4597>
- Souza, M. M., Teófilo-Guedes, G. S., Bueno, E. T., Milani, L. R., & Souza, A. S. B. (2020b). Social wasps (Hymenoptera, Polistinae) from the Brazilian savanna. *Sociobiology*, 67(2), 129-138. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v67i2.4597>
- Wood, T. K. (1984). Life history patterns of tropical membracids (Homoptera: Membracidae). *Sociobiology*, 8(3), 299-344.

AUTHORS' CONTRIBUTION

G. C. S. Oliveira contributed to research, conceptualization, data curation, methodology and writing (original draft, review and editing); F. G. A. Crispim contributed to writing (original draft, review and editing); D. S. Vilela contributed to writing (original draft, review and editing); and M. M. Souza contributed to conceptualization, data curation and writing (original draft, review and editing).

Documentation of feeding associations of the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), and the Wattled Jacana, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), with the capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitated by its beating behavior

Documentação de associações alimentares do frango-d'água-azul, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), e jacanã, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), com a capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitada pelo seu comportamento de batedor

Fabio Schunck^I  | Estevão Pereira Vicente dos Santos^{II} 

^IComitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. São Paulo, São Paulo, Brazil

^{II}Escola Estadual Dom Duarte Leopoldo e Silva. São Paulo, São Paulo, Brazil

Abstract: The capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris*, is known to form feeding associations with different bird species. One such association involves a beating behavior, in which the animal moves through the environment while birds follow it to capture insects that are disturbed. We documented this behavior in a wetland area of Southeast Brazil, involving the already known association between the capybara and the Wattled Jacana, *Jacana jacana*, and a previously unknown association between the capybara and the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica*. The latter also fed on capybara ticks, another novel association. Expanding knowledge and documenting ecological relationships between mammals and birds contributes to both the natural history of these organisms and ecological and public health issues, as ticks are vectors of spotted fever in Southeast Brazil.

Keywords: Brazil. Guarapiranga Reservoir. Animal behavior. Public health. Spotted fever.

Resumo: A capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris*, é conhecida pela sua associação de alimentação com diferentes espécies de aves, sendo que um dos comportamentos conhecidos é o de batedor, em que o animal se desloca pelo ambiente e as aves o seguem para capturar os insetos afugentados. Em uma região alagada do Sudeste do Brasil, conseguimos documentar esse comportamento já conhecido entre a capivara e o jacanã, *Jacana jacana*, e ainda não conhecido entre a capivara e o frango-d'água-azul, *Porphyrio martinica*, que também se alimentou dos carrapatos da capivara, outra informação inédita. A ampliação do conhecimento e a documentação das relações ecológicas existentes entre mamíferos e aves contribuem tanto com a história natural desses organismos, como com questões ecológicas e de saúde pública, pois os carrapatos são vetores da febre maculosa no Sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Brasil. Represa do Guarapiranga. Comportamento animal. Saúde pública. Febre maculosa.

Schunck, F., & Santos, E. P. V. (2025). Documentation of feeding associations of the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), and the Wattled Jacana, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), with the capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitated by its beating behavior. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-1030. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.1030>

Corresponding author: Fabio Schunck. Av. Eugênio Bartolomai, 386. São Paulo, SP, Brasil. CEP 04785-040 (fabio_schunck@yahoo.com.br).

Received on 09/10/2024

Approved on 11/24/2024

Editorial responsibility: Leonardo de Sousa Miranda



INTRODUCTION

The capybara *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus, 1766) is a large herbivorous and semi-aquatic rodent that occurs from northern South America (Venezuela) to southern South America (Argentina) (Emmons & Feer, 1997; Parera, 2002). The species is well known for its feeding and cleaning associations with different bird species (Macdonald, 1981; Sick, 1997; Tomazzoni et al., 2005; Queirogas, 2010; Sazima & Sazima, 2010; D'Angelo et al., 2016; Melo et al., 2018). One of the behaviors of the capybara in such associations is 'beating' — moving around the environment while birds follow to capture disturbed insects, thereby increasing their success at ingesting food (Macdonald, 1981) — although it is less frequently observed than other known associative behaviors such as serving as a hunting perch (D'Angelo et al., 2016).

Here, we provide the first documented account of the feeding association between the Purple Gallinule *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766) and the capybara and additional records of the known association between the Wattled Jacana *Jacana jacana* (Linnaeus, 1766) and capybaras.

MATERIAL AND METHODS

Data were obtained during an ornithological study in Parque Barragem de Guarapiranga (23° 40' 35.70" S/46° 42' 57.15" W, 735 m above sea level), a municipal reserve located on the right bank of the Guarapiranga reservoir, in the southern part of the city of São Paulo, Southeast Brazil. The reserve has a group of around 50 free-living capybaras and a rich community of aquatic birds. The Purple Gallinule has a poorly-known seasonal occurrence in the region, similar to what has been reported for other regions of Brazil (Somenzari et al., 2018), whereas the Wattled Jacana is a resident species. Documentation (image and video) was produced using a Canon 7D camera with a 300 mm 2.8 lens, a Kowa TSN-820 Telescope and an iPhone 13, while Leica 10x42 and Nikon Monarch 10x42 binoculars were

also used for observation. The videos were deposited in the Macaulay Library (ML) online platform (Macaulay Library, n.d.).

We checked 8,564 images of the Purple Gallinule available on the online platform WikiAves (n.d.) and 8,014 in the Macaulay Library (except for those taken in countries where the capybara does not occur), until March 27 2024.

RESULTS

On 21 June 2023, we observed a capybara in a flooded area with a Purple Gallinule behind it looking for food in the substrate. The bird followed the capybara as it moved, capturing food in the disturbed flooded area, even getting beneath the animal at times (Figure 1). The bird performed this behavior for about 30 minutes. At a certain point, when the capybara was not moving, the bird pecked the side of its body twice, as if capturing something in its fur, presumably a tick (Arachnida: Ixodidae) or other ectoparasite.

On 3 August 2023, we observed two capybaras in the same flooded area as the individual observed on 21 June 2023, with a Purple Gallinule (two individuals) and a Wattled Jacana (one individual) looking for food around the animals, especially when they moved and disturbed the substrate (videos – Schunck, 2023a, 2023b, 2023c). The Purple Gallinule went beneath a capybara, between its legs (video - Schunck, 2023d), while the Wattled Jacana even pecked at the capybara's side (video - Schunck, 2023e), indicating the capture of some type of food, probably a tick. The birds accompanied and followed the capybaras for around 30 minutes, even foraging on the surrounding substrate when the capybaras were not moving.

Other bird species were observed during the two days of observations, landing on the capybaras and probably feeding on their ticks. These bird species included the Yellow-headed Caracara *Milvago chimachima* (Vieillot, 1816) (Falconidae), the Smooth-billed Ani *Crotophaga ani* Linnaeus, 1758 (Cuculidae) and the Cattle Tyrant *Machetornis rixosa* (Vieillot, 1819) (Tyrannidae).



Figure 1. Purple Gallinule *Porphirio martinica* feeding around a capybara *Hydrochoerus hydrochaeris* including during its beating behavior as it moves around. Sequence from A to D. Photos: Fabio Schunck (2023).

About the images consulted on the WikiAves and Macaulay Library platforms, we found only five images of the Purple Gallinule (all on the WikiAves platform and taken in Brazil) close to some aquatic mammal, including two capybaras, one nutria *Myocastor coypus* (Molina, 1782), one cavy *Cavia aperea* (Erxleben, 1777), and one domestic bovine *Bos taurus* Linnaeus, 1758 (Table 1).

DISCUSSION

The Wattled Jacana is known to feed in association with capybaras (D'Angelo et al., 2016), being the species that most commonly follows these semi-aquatic mammals to look for food during their beating behavior (Macdonald, 1981). The Purple Gallinule, on the other hand, has not been mentioned in the literature as performing any such

Table 1. List of images available on the WikiAves platform of the Purple Gallinule *Porphyrio martinica* near some species of mammal.

Mammal species	Reference
Capybara <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	Snyder (2011)
	Loures (2023)
Domestic bovine <i>Bos taurus</i>	Nicolletti (2022)
Nutria <i>Myocastor coypus</i>	Miranda (2022)
Cavy <i>Cavia aperea</i>	Brondani (2019)

associative behaviors, including feeding on capybara ticks, making this a record for this interspecific relation.

This feeding association between the Purple Gallinule and the capybara was somewhat expected, as this bird species has behaviors similar to those of the Wattled Jacana and lives in the same type of environment, together with capybaras. The lack of records may be associated with several issues, such as the lower abundance (in general) of the Purple Gallinule relative to the Wattled Jacana in most localities of occurrence; its behavior of staying among aquatic vegetation and being less exposed; its undertaking of seasonal movements and disappearing from some locations at certain times of the year, thereby reducing chances of detection; or it may just be a non-typical behavior for the species. D'Angelo et al. (2016) found that bird feeding in association with capybara beating behavior was less evident than other feeding categories, due to the fact that the observations were made in a capybara resting area. Thus, this bird behavior may be less detectable in the field (as reflected in the low number of available images), and needs more attention from bird researchers, observers and photographers.

The few images available on online platforms of the Purple Gallinule near mammals shows that, in addition to capybaras, these birds may have some type of feeding associations with other semi-aquatic mammals or those that come close to water, such as nutria, cavy and even domestic species (cattle), a hypothesis that also needs to be better investigated.

CONCLUSIONS

Capybaras, ticks and spotted fever are directly related (Luz et al., 2019). Thus, the discovery of yet another bird species that may feed on capybara ticks advances the understanding of the natural history of these organisms and can contribute to addressing health issues, such as the occurrence and control of spotted fever in Brazil.

ACKNOWLEDGMENTS

We are thankful to the Valmir Luciano Nicolletti for information on an image from the WikiAves website.

REFERENCES

- Brondani, I. L. (2019). WA3296917, *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766). *Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <http://www.wikiaves.com/3296917>
- D'Angelo, G. B., Nagai, M. E., & Sazima, I. (2016). Relações alimentares de aves com capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) em parque urbano no Sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 56(4), 33-43. <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2016.56.04>
- Emmons, L. H., & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals: A field guide*. The University of Chicago Press.
- Loures, R. M. (2023). WA5247673, *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766). *Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <http://www.wikiaves.com/5247673>
- Luz, H. R., Costa, F. B., Benatti, H. R., Ramos, V. N., Serpa, M. C. A., Martins, T. F., Acosta, I. C. L., Ramirez, D. G., Munõz-Leal, S., Ramirez-Hernandez, A., Binder, L. C., Carvalho, M. P., Rocha, V., Dias, T. C., Simeoni, C. L., Brites-Neto, J., Brasil, J., Nieves, A. M., Monticelli, P. F., & Labruna, M. B. (2019). Epidemiology of capybara-associated Brazilian spotted fever. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(9), e0007734. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007734>

- Macaulay Library. (n.d.). *Macaulay Library – A scientific archive for research, education, and conservation, powered by you*. Cornell Lab of Ornithology. <https://www.macaulaylibrary.org/>
- Macdonald, D. W. (1981). Feeding associations between capybaras *Hydrochoerus hydrochaeris* and some bird species. *Ibis*, 123(3), 364–366. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1981.tb04041.x>
- Melo, M. A., Batisteli, A. F., Guillermo-Ferreira, R., & Piratelli, A. J. (2018). “Wanted dead or alive:” Black Vultures (*Coragyps atratus*) feeding on a live capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Ornitologia Neotropical*, 29, 91-93. <https://doi.org/10.58843/omneo.v29i1.345>
- Miranda, M. E. (2022). WA4868827, *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766). *Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <http://www.wikiaves.com/4868827>
- Nicolletti, V. L. (2022). WA5061244, *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766). *Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <http://www.wikiaves.com/5061244>
- Parera, A. (2002). *Los mamíferos de la Argentina y la región austral de Sudamérica*. Editorial El Ateneo.
- Queirogas, V. L. (2010). Interações ecológicas entre aves e capivaras *Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766 em Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Zoociências*, 12(2), 177-180. <https://periodicos.ufjf.br/index.php/zoociencias/article/view/24461>
- Sazima, I., & Sazima, C. (2010). Cleaner birds: an overview for the Neotropics. *Biota Neotropica*, 10(4), 195-203. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000400025>
- Schunck, F. (2023a, 3 ago.). ML616540893 – Purple Gallinule (*Porphyrio martinica*) [Arquivo multimídia]. Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology. <https://macaulaylibrary.org/asset/616540893>
- Schunck, F. (2023b, 3 ago.). ML616540896 – Purple Gallinule (*Porphyrio martinica*) [Arquivo multimídia]. Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology. <https://macaulaylibrary.org/asset/616540896>
- Schunck, F. (2023c, 3 ago.). ML616540897 – Purple Gallinule (*Porphyrio martinica*) [Arquivo multimídia]. Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology. <https://macaulaylibrary.org/asset/616540897>
- Schunck, F. (2023d, 3 ago.). ML616540892 – Purple Gallinule (*Porphyrio martinica*) [Arquivo multimídia]. Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology. <https://macaulaylibrary.org/asset/616540892>
- Schunck, F. (2023e, 3 ago.). ML616540891 – Purple Gallinule (*Porphyrio martinica*) [Arquivo multimídia]. Macaulay Library, Cornell Lab of Ornithology. <https://macaulaylibrary.org/asset/616540891>
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. Nova Fronteira.
- Snyder, A. P. (2011). WA445702, *Porphyrio martinica* (Linnaeus, 1766). *Wiki Aves - A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <http://www.wikiaves.com/445702>
- Somenzari, M., Amaral, P., Cueto, V., Guaraldo, A., Jahn, A., Lima, D., Lima, P., Lugarini, C., Machado, C. G., Martinez, J., Nascimento, J. L. X., Pacheco, J. F., Paludo, D., Prestes, N., Serafini, P., Silveira, L. F., Souza, A. E., Souza, N. A., Souza, M. A., Telino-Júnior, W., & Whitney, M. M. (2018). An overview of migratory birds in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 58, e20185803. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.03>
- Tomazzoni, A. C., Pedó, E., & Hartz, S. M. (2005). Feeding associations between capybaras *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus) (Mammalia, Hydrochaeridae) and birds in the Lami Biological Reserve, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(3), 712-716. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752005000300031>
- WikiAves. (n.d.). *WikiAves – A Enciclopédia das Aves do Brasil*. <https://www.wikiaves.com.br/>

AUTHORS' CONTRIBUTION

F. Schunck contributed to project administration, conceptualization, research and data acquisition, data curation, and writing (original draft, review and editing); and E. P. V. Santos contributed to data acquisition and writing (review).

Ocorrência de *Catharus fuscescens*, sabiazinho-norte-americano
(Passeriformes: Turdidae), no sul do estado de Minas Gerais,
adendos sobre sua área de internada no ecótono Brasil
Occurrence of *Catharus fuscescens*, veery (Passeriformes: Turdidae),
in the south of the state of Minas Gerais, addendum on
its wintering area in ecotono Brazil

Aloysio Souza de Moura^I  | Dunia Lasmar^I  | Felipe Santana Machado^I  |
Guilherme Wince de Moura^{II}  | Dalmo Arantes de Barros^{III}  | Marco Aurélio Leite Fontes^I 

^IUniversidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil

^{II}Universidade Federal de Uberlândia. Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil

^{III}Universidade Federal de Alfenas. Alfenas, Minas Gerais, Brasil

Resumo: O sabiazinho-norte-americano, *Catharus fuscescens*, é uma ave migratória, visitante setentrional que inclui em sua rota o Brasil. Mesmo sendo o sul do estado de Minas Gerais ornitologicamente bem estudado, ainda não se tinha registrado a espécie para a região. O registro obtido durante estudos de mamíferos, com auxílio de armadilhas fotográficas, no município de Lavras, Minas Gerais, tem como objetivo relatar o primeiro registro de *Catharus fuscescens* para a literatura ornitológica para a região, bem como apontar suas implicações sobre a área de internada da espécie no Brasil.

Palavras-chave: Novo registro. Ave. Sul de Minas Gerais.

Abstract: The veery, *Catharus fuscescens*, is a migratory bird and a northern visitor that includes Brazil in its route. Although the south of the state of Minas Gerais is ornithologically well studied, the species had not previously been recorded in the region. This record was obtained during mammals studies using camera traps in the municipality of Lavras, MG, represents the first documented occurrence of *Catharus fuscescens* in the ornithological literature for this area and highlights its implications for understanding the species' wintering area in Brazil.

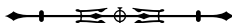
Keywords: New registration. Bird. South of Minas Gerais.

Moura, A. S., Lasmar, D., Machado, F. S., Moura, G. W., Barros, D. A., & Fontes, M. A. L. (2025). Ocorrência de *Catharus fuscescens*, sabiazinho-norte-americano (Passeriformes: Turdidae), no sul do estado de Minas Gerais, adendos sobre sua área de internada no ecótono Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-1032. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.1032>
Autor para correspondência: Aloysio Souza de Moura. Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF). Departamento de Ciências Florestais (DCF). Universidade Federal de Lavras (UFLA) (thraupidaelo@yahoo.com.br).

Recebido em 09/04/2024

Aprovado em 10/02/2025

Responsabilidade editorial: Leonardo de Sousa Miranda



INTRODUÇÃO

No Brasil, a família Turdidae é representada por 22 espécies de aves conhecidas popularmente como sabiás, entre elas se destacam três espécies do gênero *Catharus*: *Catharus fuscescens* (Stephens, 1817), *Catharus aurantiirostris* (Hartlaub, 1850) e *Catharus minimus* (Lafresnaye, 1848) (Pacheco et al., 2021). Todas são migratórias, procedentes da América do Norte (Sick, 1997; Pacheco et al., 2021).

Catharus fuscescens, sabiazinho-norte-americano, é um visitante setentrional (ou neártico), sendo uma espécie bem pequena em relação a outros sabiás, possuindo 17 cm, lado superior marrom-ferrugíneo, garganta e barriga brancas, peito amarelado, com os lados do pescoço cobertos de nódoas pardacentas (Sick, 1997; Collar et al., 2015).

No portal de ciência cidadã Wikiaves, há registros anteriores de *C. fuscescens* para quase todos os biomas brasileiros, com exceção dos Pampas, e em quase todos os estados do país (Wikiaves, 2024).

A espécie *C. fuscescens* se reproduz no sul do Canadá e norte dos Estados Unidos, entre os meses de maio a julho, onde faz ninhos em forma de taça com folhas mortas, caules de plantas daninhas e musgos, porém não há registro de reprodução no Brasil, sendo a espécie um visitante de verão durante o inverno setentrional, que emerge no país a partir dos estados da região Norte, chegando na América do Sul, em seus locais de invernada, entre os meses de novembro e dezembro, após sua saída do hemisfério norte, entre os meses de agosto e setembro (Heckscher et al., 2011).

Este manuscrito tem como objetivo relatar o registro de *Catharus fuscescens* para a região do sul do estado de Minas Gerais, apresentando as implicações necessárias a respeito da área de invernada da espécie no Brasil, com particular interesse na região Sudeste do Brasil ou ecótono Cerrado/Mata Atlântica, onde o estudo foi conduzido por meio de uma revisão minuciosa da literatura ornitológica da região em questão.

MATERIAL E MÉTODOS

O registro da espécie ocorreu durante estudos de mamíferos de médio e grande porte, com auxílio de seis armadilhas fotográficas (câmeras *traps*) das marcas Trail Camera Model HC-801A, Caça Trilha Mini 301 visão noturna e Moultrie M-99oi.

A área do registro foi o Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (21° 19' S / 44° 58' W, elevação de 1.000 a 1.300 m), situada no município de Lavras, sul do estado de Minas Gerais, no Sudeste do Brasil. A paisagem do parque é composta por fragmentos florestais de floresta estacional semidecidual, florestas ciliares, áreas antrópicas, campos rupestres, florestas monodominadas por árvores da espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (candeal) e Cerrado *strictu sensu* (Oliveira-Filho & Fluminhan-Filho, 1999) (Figura 1), e a classificação climática de Köppen da área se enquadra no tipo Cwb para topos de montanhas (Alvares et al., 2013). A nomenclatura utilizada seguiu a de Pacheco et al. (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 10 de dezembro de 2023, foi registrado, fotograficamente, um indivíduo de *Catharus fuscescens* no solo de uma área ecotonal do parque que possui elementos florísticos do Cerrado e da Floresta Atlântica (Figura 2). O local exato do registro é caracterizado como Cerrado *stricto sensu*, com presença de plantas características deste bioma, como *Eremanthus erythropappus* e *Vochysia thyrsoidea* Pohl, entre outras, relevo acidentado, com presença de rochas de quartzito. Ainda não há, contudo, como relacionar estas variáveis, pois estudos realizados na região que mencionam esta espécie são inexistentes, além de ela possuir poucos registros em diferentes biomas do país, com condições climáticas, edáficas e florísticas muito diferentes (Heckscher et al., 2011; Pinho et al., 2016; Souza et al., 2018; Remsen Jr., 2001). O município de Lavras, Minas Gerais, está situado em uma região de ecótono entre dois *hotspots* mundiais (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2005), que são os biomas Cerrado e a Floresta Atlântica (Moura et al., 2020; Moura et al., 2023).

O presente registro reforça a ocorrência da espécie em áreas dos estados vizinhos de São Paulo e Rio de Janeiro, onde há registros fotográficos para o estado de São Paulo (Wikiaves, 2024), além de dois registros na literatura (Heckscher et al., 2011; De Luca & Endrigo, 2020) e duas menções para o estado do Rio de Janeiro, sendo uma de Pacheco e Parrini (2000) e outra de Alves (2007).

Vale destacar que tanto o estado de Minas Gerais quanto o de São Paulo possuem regiões ecotonais dos biomas Floresta Atlântica e Cerrado (IBGE, 2004), criando áreas de ecótono similares as do local onde foi feito o presente registro, o que sugere que estas regiões ecotonais possivelmente são rotas de migração em sua área de invernada. Entretanto, sugere-se que sejam feitos estudos mais aprofundados, pois a presente nota representa apenas uma pequena contribuição acerca da rota desta ave no país.

CONCLUSÃO

Conclui-se que este novo registro é de grande valia, uma vez que amplia o conhecimento das rotas que essa ave migratória utiliza na região Sudeste do Brasil, contribuindo com o conhecimento sobre a espécie no território brasileiro. Conclui-se também que as regiões ecotonais do sul do estado de Minas Gerais fazem parte da rota migratória de invernada dessa espécie.

Vale destacar que o acréscimo de uma espécie à comunidade de aves da região, mesmo não sendo rara ou ameaçada de extinção, é de grande serventia, pois contribui com a ciência, com a tomada de decisões, bem como com a elaboração de propostas de políticas públicas para projetos de conservação e preservação de aves e de locais utilizados por espécies migratórias.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural (FUNDECC), pelo subsídio financeiro, à Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de desenvolver este manuscrito, bem como ao Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF) e à

Agência UFLA de Inovação em Geotecnologias e Sistemas Inteligentes no Agronegócio (ZETTA/UFLA), pelo apoio técnico e científico. Agradecemos também ao Sr. Paulo, diretor do Parque Quedas do Rio Bonito, pelo apoio. A Marcelo de Ferreira Vasconcelos, pela confirmação da espécie, e aos demais pesquisadores que contribuíram de alguma forma.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Alves, M. A. S. (2007). Sistemas de migrações de aves em ambientes terrestres no Brasil: exemplos, lacunas e propostas para o avanço e conhecimento. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(2), 231-238.
- Braga, T. V., Zanzini, A. C. S., Cerboncini, R. A. S., Miguel, M., & Moura, A. S. (2010). Avifauna em praças da cidade de Lavras (MG): riqueza, similaridade e influência de variáveis do ambiente urbano. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 18(1), 26-33. <https://repositorio.ufla.br/handle/1/12385>
- Collar, N., Christie, D. A., De Juana, E., & Kirwan, G. M. (2015). Veery (*Catharus fuscescens*). In J. Del Hoyo, R. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, & E. de Juana (Eds.), *Handbook of birds of world* (pp. 43-433). Lynx Edicions.
- Corrêa, B. S., & Moura, A. S. (2009). Levantamento da comunidade de aves em um sistema de fragmentos florestais interconectados por corredores ecológicos no município de Lavras - Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 1(2), 94-106. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v1n2200981>
- Corrêa, B. S., Lousada, J. N. C., & Moura, A. S. (2012). Structure of avian guilds in a bird fragment-corridor community in Lavras county, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, 1(14), 25-35.
- D'Angelo Neto, S. (1996). *Levantamento e caracterização da avifauna do campus da UFLA* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras].
- D'Angelo Neto, S., Venturin, N., Oliveira Filho, A. T., & Costa, F. A. F. (1998). Avifauna de quatro fisionomias florestais de pequeno tamanho (5-8 ha) no campus da UFLA. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(3), 463-472. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081998000300011>
- De Luca, A. C., & Endrigo, E. (2020). *Guia fotográfico Aves - Estado de São Paulo*. Aves e Fotos Editora.

- Heckscher, C. M., Taylor, S. M., Fox, J. W., & Afanasyev, V. (2011). Veery (*Catharus fuscescens*) wintering locations, migratory connectivity, and a revision of its winter range using geolocator technology. *The Auk*, 128(3), 531-542. <https://doi.org/10.1525/auk.2011.10280>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2004). *Mapa de biomas brasileiros*. IBGE.
- Lombardi, V. T., Vasconcelos, M. F., & D'Angelo Neto, S. (2007). Novos registros ornitológicos para o centro-sul de Minas Gerais (Alto Rio-Grande): municípios de Lavras, São João Del Rei e adjacências, com a listagem revisada da região. *Atualidades Ornitológicas On-line*, (139), 33-42.
- Lombardi, V. T., Santos, K. K., D'Angelo Neto, S., Mazzoni, L. G., Rennó, B., Faetti, R. G., Epifânio, A. D., & Miguel, M. (2012). Registros notáveis de aves para o sul do estado de Minas Gerais, Brasil. *Cotinga*, 34, 104-117. <https://www.neotropicalbirdclub.org/cotinga/C34/C34%20Torga%20et%20al.pdf>
- Lopes, L. E. (2006). As aves da região de Varginha e Elói Mendes, sul de Minas Gerais, Brasil. *Acta Biológica Leopoldensia*, 28(1), 46-54.
- Mazzoni, L. G., & Perillo, A. (2011). Range extension of *Anthus nattereri* Sclater, 1878 (Aves: Motacillidae) in Minas Gerais, Southeastern Brazil. *Check List*, 7(5), 589-591. <https://doi.org/10.15560/7.5.598>
- Mittermeier, R. A., Fonseca, G. A. B. da, Rylands A. B., & Brandon, K. (2005). A brief history of biodiversity conservation in Brazil. *Conservation Biology*, 19(3), 601-607. <https://www.institutobrasilrural.org.br/download/20220611173847.pdf>
- Moura, A. S., Corrêa, B. S., & Abranches, C. T. S. (2010a). Distribuição da avifauna em um fragmento de mata nativa em área urbana no município de Lavras, Sul de Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 2(2), 9-21. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v2n22010268>
- Moura, A. S., Corrêa, B. S., Braga, T. V., & Gregorin, R. (2010b). Lista preliminar da avifauna da A.P.A. Coqueiral e primeiro registro de *Tyrta inquisitor* no sul de Minas Gerais, Brasil. *Revista Agrogeoambiental*, 2(3), 73-86. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v2n32010285>
- Moura, A. S., & Corrêa, B. S. (2011a). Novos registros ornitológicos para o município de Lavras, sul de Minas Gerais, Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 160, 18-19.
- Moura, A. S., & Corrêa, B. S. (2011b). Novos registros ornitológicos para o município de Varginha, sul de Minas Gerais, Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 162, 4-5.
- Moura, A. S., & Corrêa, B. S. (2012). Aves ameaçadas e alguns registros notáveis para Carrancas, sul de Minas Gerais, Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 165, 4-9.
- Moura, A. S. (2014). Registro de um novo item alimentar na dieta de *Phibalura flavirostris*. *Atualidades Ornitológicas*, 178, 24-25.
- Moura, A. S., Camargo, J. E. R., & Côrrea, B. S. (2014). Primeiro registro de *Polioptila dumicola* (Passariformes: Polioptilidae) para o sul do estado de Minas Gerais, Brasil. *Regnella Scientia*, 1(2), 59-64. <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v1.n2.2014.59-64>
- Moura, A. S., Corrêa, B. S., & Machado, F. S. (2015). Riqueza, composição e similaridade da avifauna em remanescente florestal e áreas antropizadas no sul de Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*, 7(1), 41-52. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v7n12015656>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Fontes, M. A. L., Barros, G. T., Fazolin, H., Nava, J. M., Kimoto, S. Y. O., Capece, L. S., & Machado, T. C. (2018a). Understory bird community from wildlife protected areas: diversity, seasonal variation and similarity. *Revista Brasileira de Zoociências*, 19(3), 6-22. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2018.v19.24731>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Mariano, R. F., & Martins, D. F. (2018b). Nova área de ocorrência do papagaio-de-peito-roxo, *Amazona vinacea* (Kuhl, 1820), para o sul do estado de Minas Gerais. *Regnella Scientia*, 4(1), 38-43. <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v4.n1.2018.38-43>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Mariano, R. F., Souza, C. R., & Fontes, M. A. L. (2020). Bird community of upper-montane rupestrian fields in south of Minas Gerais state, southeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 42(1), e48765. <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v42i1.48765>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Mariano, R. F., Leite, L. H., & Fontes, M. A. L. (2021a). Bird community in rupestrian fields from an ecotone: notes on habitat losses and conservation of the threatened species. *Biodiversidade Brasileira*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v11i1.1744>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Mariano, R. F., Souza, C. R., Menegz, U. C. L., & Fontes, M. A. L. (2021b). Mesoscale bird distribution pattern in montane phytophysiognomies along an ecotone between two hotspots. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 43(1), e56931. <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v43i1.56931>
- Moura, A. S., Mariano, R. F., Machado, F. S., Souza, C. R., Junior, W. J. S., Corrêa, B. S., & Fontes, M. A. L. (2022). Do bird communities of neotropical monodominant forests have their own identity? The case of *Eremanthus erythropappus* forests. *Cerne*, 28, e103015. <https://doi.org/10.1590/01047760202228013015>
- Moura, A. S., Machado, F. S., Zanzini, A. C. S., & Fontes, M. A. L. (2023). The king of the tangarás: A bird indicator of ecotonal areas between two hotspots. *Regnella Scientia*, 9(1), 40-45. <https://doi.org/10.61202/2525-4936.v9.n1.2023.40-45>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>



- Oliveira-Filho, A. T., & Fluminhan-Filho, M. (1999). Vegetation ecology of the Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Brazil. *Cerne*, 5(2), 51-64. <https://cerne.ufla.br/site/index.php/CERNE/article/view/525>
- Pacheco, J. F., & Parrini, R. (2000). Aves do Estado do Rio de Janeiro: região meridional do vale do rio Paraíba do Sul - retificação de limites e complementação dos registros inéditos mais antigos. *Atualidades Ornitológicas*, 95, 12-13.
- Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., Brito, G. R. R., Cohn-Haft, M., Maurício, G. N., Naka, L. N., Olmos, F., Posso, S. R., Lees, A. C., Figueiredo, L. F. A., Carrano, E., Guedes, R. C., Cesari, E., Franz, I., Schunck, F., & Piacentini, V. Q. (2021). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee - second edition. *Ornithology Research*, 29(2), 94-105. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>
- Pinho, J. B., Lopes, L. E., & Marini, M. A. (2016). Birds from the Pirizal region, Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 24(3), 267-285. <https://doi.org/10.1007/BF03544354>
- Remsen Jr., J. V. (2001). True winter range of de Veery (*Catharus fuscescens*): Lesson for determining winter ranges of species that winter in the tropics. *The Auk*, 118(4), 838-848. <https://doi.org/10.1093/auk/118.4.838>
- Rezende, M. A., Vasconcelos, M. F., Nogueira, W., Silva, J. C., Becho, D. P., Silva, L. F., & Souza, T. O. (2013). Novas ocorrências de híbridos entre *Chiroxiphia caudata* e *Antilophia galeata* em Minas Gerais, Brasil, com a primeira descrição de uma fêmea híbrida e comentários sobre os riscos da hibridação. *Atualidades Ornitológicas*, 174, 33-39.
- Ribon, R. (2000). Lista preliminar da avifauna do município de Ijaci, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 47(274), 665-682. <https://ojs.ceres.ufv.br/ceres/article/view/2634>
- Santos, K. K., Lombardi, V. T., D'Angelo Neto, S., Miguel, M., & Faetti, R. G. (2011). Registro de plumagem aberrante em *Patagioenas picazuro* (Columbiformes: Columbidae), *Knipolegus lophotes* (Passeriformes: Tyrannidae) e *Turdus rufiventris* (Passeriformes: Turdidae) no estado de Minas Gerais. *Atualidades Ornitológicas*, 160, 4-6.
- Santos, K. K. (2012). Predação de ninhegos de *Bubulcus ibis* por *Nycticorax nycticorax* e breve caracterização de um ninhal poliespecífico no Campus da UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil. *Atualidades Ornitológicas*, 167, 12-15.
- Santos, K. K., Miguel, M., & Lombardi, V. T. (2014). Novos registros de caburé-acanelado *Aegolius harrisii* (Cassin, 1849) para o estado de Minas Gerais e comentários sobre sua biogeografia. *Atualidades Ornitológicas*, 181, 7-11.
- Sick, H. (1997). *Ornitologia brasileira*. Editora Nova Fronteira.
- Souza, J. L., Queiroz, A. C., Pereira, G. A., Leandro-Silva, V., Souza, A. C. R., & Azevedo-Júnior, S. M. (2018). Documented records of two migratory bird species in the state of Pernambuco, north-east Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 78(3), 588-590. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.167453>
- Vasconcelos, M. F., & D'Angelo Neto, S. (2009). First assessment of the avifauna of *Araucaria* forests and other habitats from extreme southern Minas Gerais, Serra da Mantiqueira, Brazil, with notes on biogeography and conservation. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 49(3), 49-71. <https://doi.org/10.1590/S0031-10492009000300001>
- Vasconcelos, M. F. (2008). Aves registradas na Serra do Papagaio, município de Aiuruoca, Minas Gerais. *Atualidades Ornitológicas*, 142, 6-7.
- Vasconcelos, M. F., D'Angelo Neto, S., & Nemésio, A. (2005). Observações sobre o rei-dos-tangarás *Chiroxiphia caudata* x *Antilophia galeata* em Minas Gerais, Brasil. *Cotinga*, 23, 65-69.
- Vasconcelos, M. F., D'Angelo Neto, S., Brand, L. F. S., Venturin, N., Oliveira-Filho, A. T. de, & Costa, F. A. F. (2020). Avifauna de Lavras e municípios adjacentes, Sul de Minas Gerais, e comentários sobre sua conservação. *Unimontes Científica*, 4(2), 153-165. <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/2711>
- WikiAves. (2024). *Sabiazinho-norte-americano*. <https://www.wikiaves.com.br/wiki/sabiazinho-norte-americano>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

A. S. Moura contribuiu com administração de projeto, aquisição de financiamento, investigação e escrita (rascunho original); D. Lasmar com administração de projeto e escrita (rascunho original); F. S. Machado com investigação e escrita (rascunho original); G. W. Moura com investigação e escrita (rascunho original); D. A. Barros com investigação e escrita (rascunho original); e M. A. L. Fontes com investigação e escrita (rascunho original).



First record of the Normandia Caecilian *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968
(Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Peru
Primeiro registro da cecília-da-normandia, *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968
(Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae), do Peru

Juan C. Cusi Martinez^I  | Francis I. Vargas^I  | Victor J. Vargas^{II, III}  | Pedro Peloso^{IV}  | Adriano O. Maciel^V 

^IUniversidad Nacional Mayor de San Marcos. Departamento de Herpetología. Museo de Historia Natural. Lima, Peru

^{II}Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, Peru

^{III}Asociación Pro Fauna Silvestre-Ayacucho. Ayacucho, Peru

^{IV}California State Polytechnic University. Department of Biological Sciences. Arcata, California, United States

^VMuseu Paraense Emílio Goeldi. Departamento de Zoologia. Belém, Pará, Brazil

Abstract: We report the first record of *Caecilia crassisquama* Taylor, 1986 (Caeciliidae) in the Central Cordillera of the Andes, Peru. A single individual was found at the Tabaconas Namballe National Sanctuary, Cajamarca department, Northern Peru. The specimen was collected in a montane forest at an altitude of approximately 1,990 m. It was identified mainly by the count of primary grooves, the absence of secondary grooves, and other morphological characters. This represents the southernmost record for the species at 345.5 km from the type locality in Ecuador. We also present the coloration in life of the species. Our record increases the number of *Caecilia* species known in Peru to seven.

Keywords: Caecilians. Montane forests. Tabaconas Namballe. Central Andean Cordillera.

Resumo: Apresentamos o primeiro registro de *Caecilia crassisquama* Taylor, 1986 (Caeciliidae) na Cordilheira Central dos Andes, do Peru. Um único espécime foi encontrado no Santuário Nacional Tabaconas Namballe, Departamento de Cajamarca, no norte do país. O espécime foi coletado em uma floresta montana a aproximadamente 1.990 metros de altitude. Foi identificado principalmente pela contagem de sulcos primários, ausência de sulcos secundários e outros caracteres morfológicos. Este representa o registro mais ao sul para a espécie, a 345,5 km da localidade-tipo no Equador. Além disso, apresentamos a coloração em vida da espécie. Nosso registro incrementa para sete o número de espécies do gênero *Caecilia* no Peru.

Palavras-chave: Cecílias. Florestas montanas. Tabaconas Namballe. Cordilheira Central dos Andes.

Cusi Martinez, J. C., Vargas, F. I., Vargas, V. J., Peloso, P., & Maciel, A. O. (2025). First record of the Normandia Caecilian *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Peru. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0922. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0922>

Corresponding author: Juan C. Cusi. Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Peru (jcarloscusi@gmail.com).

Received on 05/25/2023

Approved on 02/13/2025

Editorial responsibility: Alexandre Missassi



Günther, 1859; but they did not consider it could be *C. crassisquama*. As this if it occurred with AMNH 23434 being removed of the synonymy of *C. pachynema* and raised to the status of valid species by Taylor (1968). Almendáriz et al. (2014) reported a specimen of caecilian assigned as *C. crassisquama* placed to 190.5 km south away from the type locality on the Ecuadorian flank of the Cordillera del Cóndor

within Sangay National Park (03.8976° S, 78.4824° W, 1,850-2,400 m altitude), Alto Machinaza, Zamora canton, Zamora-Chinchipe province, Ecuador, but they don't provide any details of the Museum code (*voucher*) and morphological traits which convinces that they have correctly identified the specimen they found. So, we consider it as a doubtful record of the species (Figure 2).

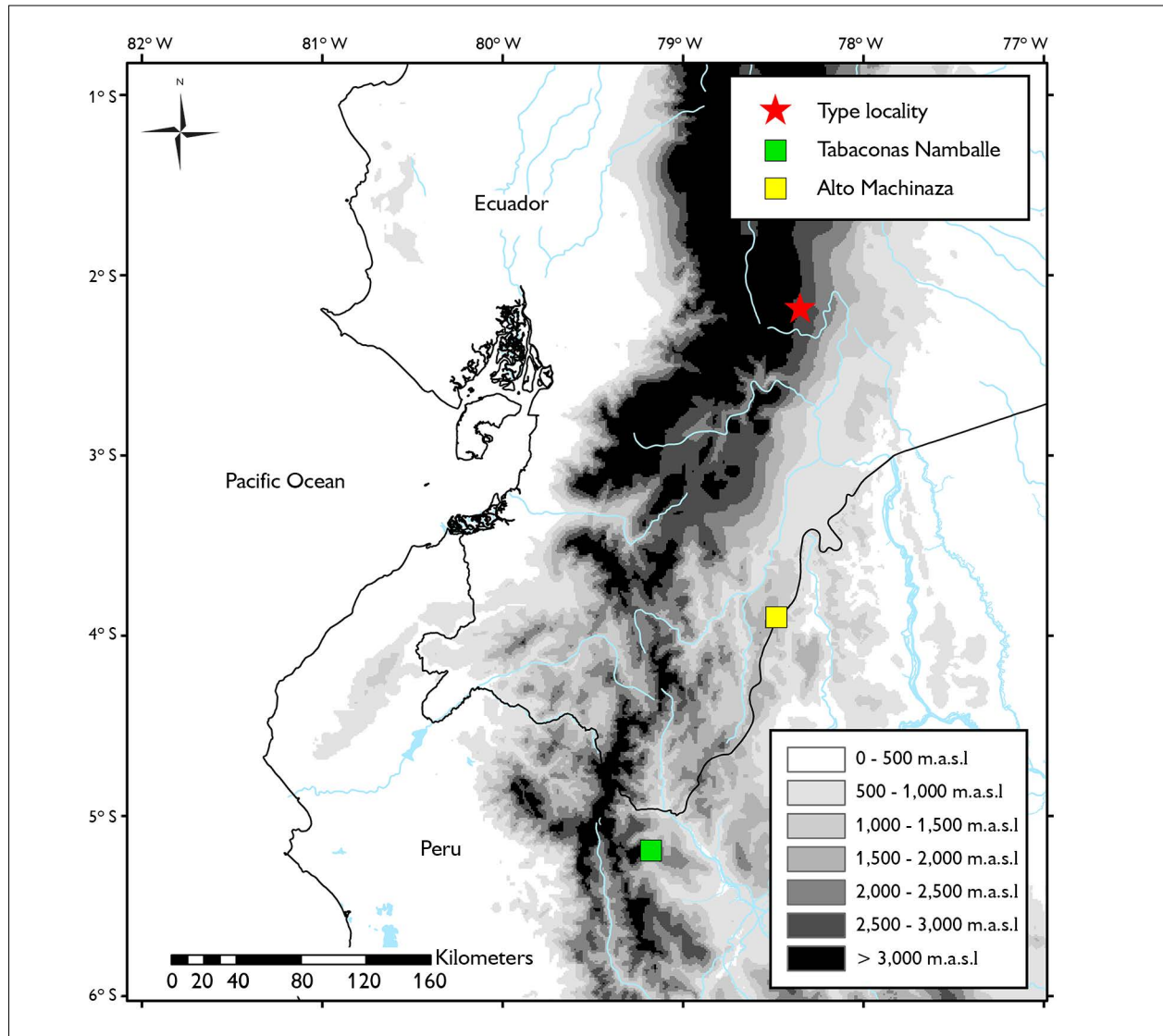


Figure 2. Distribution map of *Caecilia crassisquama* in Ecuador and Peru: (red star) Upano river, 1.4 km from Zuñá, Morona, Morona-Santiago, Ecuador (type locality) and (green square) El Sauce, Tabaconas Namballe National Sanctuary, Namballe, San Ignacio, Cajamarca, Peru. Doubtful record (yellow square) for the species from Alto Machinaza, Sangay National Park, Zamora, Zamora-Chinchipe, Ecuador. Map: Juan C. Cusi (2021).

Here, we provide new distributional data for *Caecilia crassisquama* based on fieldwork conducted at the Tabaconas Namballe National Sanctuary (TNNS), Cajamarca department in Northern Peru. During field surveys conducted along an elevational gradient in TNNS between 1,800 and 3,600 meters of altitude (total sampling effort = 238.5 hour/person), we recorded one specimen of *Caecilia crassisquama* (MUSM 31909, field code: JCM 303, TL 1,160 mm, 271.4 g, Figure 3) collected by J. C. Cusi, Victor Vargas and Francis Vargas on 22 February 2013 in a montane forest located at El Sauce sector (05.1924° S, 79.1783° W, 1,989 m), Namballe district, San Ignacio province, Cajamarca department, Peru. El Sauce

sector, northeastern side of the TNNS, harbours three types of forests (montane forests, cloud forests and elfin forests) with the major threat on montane forests caused by deforestation and coffee crops. The new specimen of *Caecilia crassisquama* was found underground, after one of us (FV) disturbed the soil when walking along a trail; the observation occurred during intense rain in the afternoon (13:45 h). Ground and air temperatures were recorded as 16 °C, and 19.6 °C respectively, measured by a handheld infrared thermometer (RayTek MiniTemp MT6, Boeco Temp). The *voucher* specimen was euthanized with benzocaine, subsequently fixed and stored in 70% ethanol. This specimen was subsequently deposited in the herpetological collection at the Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru (catalogue number MUSM 31909). Identification of the species was based mainly by using the keys and descriptions by Taylor (1968, 1972), Taylor and Peters (1974) and Maciel and Hoogmoed (2011). Morphological observations were made using a stereoscope microscope. Morphometric measurements and meristic characters are shown in the Table 1.

We examined the holotype and took photos of the preserved specimen (Figure 1). After the analysis of the holotype and the original description of *Caecilia crassisquama* (Taylor, 1968) we observed that the new specimen shares the diagnostic characters of this species. The individual MUSM 31909 lacks secondary grooves and has a similar number of primary grooves to the holotype AMNH 23434 (170 *versus* 174). Most of the primary grooves in MUSM 31909 are incomplete, with only the last 11 being marked below, compared to 15 in the holotype. Other morphological character that validates the species identification is the absence of subdermal scales and the presence of small dermal scales only in the posterior folds (scales appear from the last six grooves in MUSM 31909 and in the holotype). A dermal scale extracted from the 168th groove of MUSM 31909 has 3.6 mm in wide and 1.7 in height (Figure 4), more elongate than scales of holotype (Taylor, 1972). Taylor (1972) described the scales of the holotype as 'small and seemingly inflexible'.



Figure 3. Alive new specimen of *Caecilia crassisquama* MUSM 31909 (A). Montane forests from El Sauce, Tabaconas Namballe National Sanctuary, Namballe, San Ignacio, Cajamarca, Peru (B). Photos: Juan C. Cusi (2013).

Table 1. Morphometric measurements (in mm) and characters count (annular grooves and dentition) of the holotype and the new specimen of *Caecilia crassisquama* from Peru.

Measurements	AMNH 23434 (Holotype)	MUSM 31909
Total length (TL)	685	1160
Head width (HW)	9.2	15.4
Body width (BW)	11	18.9
Snout projection beyond mouth (SP)	3	4.7
Snout tip to first groove (S1G)	14	21.2
Distance tentacle to nostril (TN)	1.9	2.8
Distance eye-tentacle (ET)	5	8.6
Primary grooves	174	170
Secondary grooves	0	0
Premaxillary-maxillary teeth	19	17
Prevomeropalatine teeth	19	13
Inner mandibular teeth	19	16
Splenic teeth	6	1
TL/HW	74.4	75.3
TL/BW	62.3	61.4
SP/HW	0.33	0-31
S1G/HW	1.52	1.38
TN/HW	0.21	0.18
ET/HW	0.54	0.56

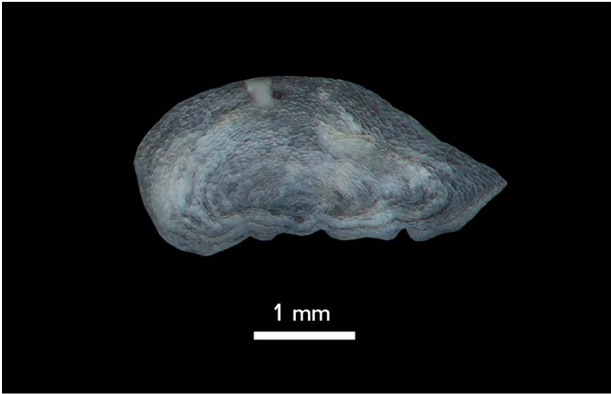


Figure 4. Dermal scale obtained from the 168th posterior primary groove of *Caecilia crassisquama* MUSM 31909. Photo: A. O. Maciel (2024).

However, variation in the flexibility of dermal scales is common among caecilians, even within the same species and individual (Maciel, personal observation,

2024). Furthermore, Taylor (1972) also illustrated the variation in scale shape and size for several species of *Caecilia*. In MUSM 31909, a terminal region featuring an unsegmented terminal shield is observed, measuring 11.9 mm in length. The holotype exhibits a similar terminal shield, though smaller, with a length of 8 mm. There are three anterior and seven posterior denticulations in the semicircular vent in MUSM 31909 and five anterior and six in the holotype. MUSM 31909 is a relatively large specimen of body subcylindrical, total length is 61.4 times body width at mid body (62.3 times in holotype). In life, the coloration of the MUSM 31909 body is purplish grey blue, ventral surface paler than dorsum. The head is a sky-blue grey, noticeably lighter than the body. The lips are bright pink. In preservative, the head, lips, lateral of body and the vent are yellowish grey and the

body is greyish in dorsum and ventral surface, similarly to the holotype. The fixation of the new specimen in ethanol can lead to early loss of the coloration, which must be considered in posterior comparisons.

The new specimen is much larger than the holotype but the ratios of measurements SP/HW, S1G/HW, TN/HW, ET/HW and TL/HW are similar in accordance with the description of the type specimen by Taylor (1968) (Table 1). The dental formula is very similar to the formula for the type specimen of *C. crassisquama* as described by Taylor (1968, numbers in parentheses): pre-maxillary–maxillary 19 (17), vomeropalatine 19 (13), dentaries 19 (16), inner mandibular teeth (6–1). Thus, based on external morphology and dentition characters we decided to identify the specimen as *C. crassisquama*.

Following we present the distinctions from similar species distributed in Peru and Ecuador (composed of 19 species): *Caecilia crassisquama* lacks secondary grooves to differs from *C. abitaguae* Dunn, 1942; *C. albiventris* Daudin, 1803; *C. bokermanni* Taylor, 1968; *C. disossea*; *C. dunni* Hershkovitz, 1938; *C. gracilis*; *C. guntheri* Dunn, 1942; *C. leucocephala* Taylor, 1968; *C. nigricans* Boulenger, 1902; *C. pachynema*, *C. subterminalis* Taylor, 1968; *C. tentaculata*; *C. tenuissima* Taylor, 1973; *C. tesouro* Bock et al., 2024; and *C. truncata* Bock et al., 2024. Instead, the absence of secondary grooves from *Caecilia crassisquama* is shared with *C. attenuata*, *C. corpulenta*, *C. inca* and *C. orientalis* Taylor, 1968 (Gray, 1850; Hershkovitz, 1938; Dunn, 1942; Taylor, 1968, 1973; Taylor & Peters, 1974; Nussbaum & Hoogmoed, 1979; Lynch, 1999; Guayasamin & Funk, 2009; Maciel & Hoogmoed, 2011; Borges-Nojosa et al., 2017; Camper et al., 2021; Elizondo-Lara, 2021; Fernández-Roldán & Lynch, 2021; Fernández-Roldán & Rueda-Almonacid, 2022). *Caecilia crassisquama* (170–174 primary grooves) differs from *C. abitaguae* (139–150); *C. albiventris* (144–150); *C. corpulenta* (123); *C. dunni* (124); *C. guntheri* (110–127); *C. inca* (158); *C. leucocephala* (118–142); *C. orientalis* (106–123); *C. pachynema* (150–163); *C. tentaculata* (112–131); *C. tesouro* (117–121); and *C. truncata* (107–123), by having more primary grooves.

Caecilia crassisquama differs from *C. attenuata* (182–199); *C. bokermanni* (180–192); *C. disossea* (216–252); *C. gracilis* (196–207); and *C. tenuissima* (186) by having fewer primary grooves (Gray, 1850; Hershkovitz, 1938; Dunn, 1942; Taylor, 1968, 1973; Taylor & Peters, 1974; Nussbaum & Hoogmoed, 1979; Lynch, 1999; Guayasamin & Funk, 2009; Maciel & Hoogmoed, 2011; Camper et al., 2021; Elizondo-Lara, 2021; Fernández-Roldán & Rueda-Almonacid, 2022). *Caecilia crassisquama* also lacks subdermal scales, as occurs in *C. corpulenta*, *C. gracilis* and *C. orientalis*, but differs from them in the count of primary grooves (Taylor, 1968; Nussbaum & Hoogmoed, 1979; Guayasamin & Funk, 2009; Maciel & Hoogmoed, 2011). *Caecilia crassisquama* differs from *C. albiventris* and *C. dunni* by having an unsegmented terminal shield (absent in the species aforementioned) (Gray, 1850; Taylor, 1968; Hershkovitz, 1938; Taylor & Peters, 1974). Contrary to *C. inca* (66 times); *C. disossea* (80–132 times); *C. pachynema* (68.8–90.4 times); and *C. tenuissima* (81 times), *Caecilia crassisquama* has 61.4–62.3 times body total length divided by the body width; which overlaps with *C. attenuata* (62–66 times); *C. gracilis* (30.9–90.6 times); *C. guntheri* (33.3–62.6 times); and *C. nigricans* (33–83 times) (Dunn, 1942; Taylor, 1968, 1973; Taylor & Peters, 1974; Nussbaum & Hoogmoed, 1979; Lynch, 1999; Maciel & Hoogmoed, 2011; Elizondo-Lara, 2021; Fernández-Roldán & Lynch, 2021; Fernández-Roldán & Rueda-Almonacid, 2022).

In the recent years, the discovery of new species of *Caecilia* (*C. museugoeldi* Maciel & Hoogmoed, 2018; *C. pulchraserrana* Acosta-Galvis, Torres & Pulido-Santacruz, 2019; *C. goweri* Fernández-Roldán & Lynch, 2021; *C. aprix* Fernández-Roldán & Rueda-Almonacid, 2022; *C. atelolepis* Fernández-Roldán, Lynch & Medina-Rangel, 2023; *C. epicrionopsoides* Fernández-Roldán, Lynch & Medina-Rangel, 2023; *C. macrodonta* Fernández-Roldán, Lynch & Medina-Rangel, 2023; *C. wilkinsoni* Fernández-Roldán & Lynch, 2021; *C. yaigoje* Fernández-Roldán, Medina-Rangel & Lynch, 2023; *C. tesouro* and *C. truncata* Bock et al., 2024) has provided new insights about their recognition, taxonomy and phylogenetic relationships based on DNA sequences.

In Peru, low number of specimens and scarce fieldwork focused on the sampling of caecilians open new opportunities to redefine and study much better poorly known species.

Considering our decision, this record represents the third report (second well documented) of *Caecilia crassisquama* in the Neotropics, and the first record of the species for Peru on the Eastern Cordillera of the Andes. Additionally, this record represents the southernmost for the species (345.5 km from the type locality, Figure 2). As a result, seven species of *Caecilia* are now known in Peru: *Caecilia attenuata*, *C. corpulenta*, *C. crassisquama*, *C. disossea*, *C. gracilis*, *C. inca* and *C. tentaculata*.

Similarly, to was suggested by Gower and Wilkinson (2005), we recommend *Caecilia crassisquama* is considered inside conservation assessments of the amphibians conducted both by the Peruvian government (SERFOR, D.S. N° 034-2004-AG) and the IUCN Amphibian Specialist Group and the species should be categorized as 'Data Deficient' because of possesses limited distributional range, secretive habits (probably fully subterranean) and live in montane forested habitats associated to disturbed areas. Finally, our finding highlights the importance of extensive field research in remote montane areas such as the TNNs, and especially undisturbed forested ranges between Peru and Ecuador. Thus, new fieldworks are necessary to obtain ecological and life history data for this caecilian species.

ACKNOWLEDGMENTS

The surveys were performed under collecting permit RJ N° 002-2012-SERNANP-SNTN, which was issued by the *Ministerio del Ambiente of Peru*. Funding for this work was provided by the Rufford Small Grant Foundation (RSF reference 12427-1). J. Cusi thanks César Aguilar and Jesús Córdova for providing access to *Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos* (MUSM). Douglas Cotrina of the Tabaconas Namballe National Sanctuary office kindly helped with collecting permits, Segundo Neyra (park ranger) supported in field

and Mr. Adriano Correa (local guide) permitted us the accommodation in his property. Rudolf von May (California State University Channel Islands) provided comments of the manuscript draft. We are sincerely grateful to Mark Wilkinson (Natural History Museum, London) for his valuable suggestions. To two anonymous reviewers for their contributions to the improvement of this manuscript.

REFERENCES

- Almendáriz, A., Simmons, J., Brito, J., & Vaca-Guerrero, J. (2014). Overview of the herpetofauna of the unexplored Cordillera del Cóndor of Ecuador. *Amphibian & Reptile Conservation*, 8(1), 45–64.
- Bock, S., Arroba-López, T. E., Velez-Giler, H. L., Moreira, V., Wiedebusch, M. L. M., Neira-Salamea, K., Wilkinson, M., Fuchs, N., Schönleitner, M., Rödel, M.-O., & Ron, S. R. (2024). Two new species of *Caecilia* (Gymnophiona: Caeciliidae) from the Ecuadorian humid Chocó. *Salamandra*, 60(4), 209–236. <https://www.salamandra-journal.com/index.php/contents/2024-vol-60/2158-bock,-s-,-t-e-arroba-l%C3%B3pez,-h-l-velez-giler,-v-moreira,-m-l-m-wiedebusch,-k-neira-salamea,-m-wilkinson,-n-fuchs,-m-sch%C3%B6nleitner,-m-o-r%C3%B6del-s-r-ron/file>
- Borges-Nojosa, D. M., Castro, D. P., Lima, D. C., Bezerra, C. H., Maciel, A. O., & Harris, D. (2017). Expanding the known range of *Caecilia tentaculata* (Amphibia: Gymnophiona) to relict mountain forests in northeastern Brazil: linking Atlantic forests to the Amazon? *Salamandra*, 53(3), 429–434. <https://www.salamandra-journal.com/index.php/contents/2017-vol-53/1862-borges-nojosa-d-m-d-p-castro-d-c-lima-c-h-bezerra-a-o-maciel-d-j-harris>
- Camper, J. D., Torres-Carvajal, O., Ron, S. R., Nilsson, J., Arteaga-Navarro, A., Knowles, T. W., & Arbogast, B. S. (2021). Amphibians and reptiles of Wildsumaco Wildlife Sanctuary, Napo Province, Ecuador. *Check List*, 17(3), 729–751. <https://doi.org/10.15560/17.3.729>
- Dunn, E. R. (1942). The American caecilians. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 91(6), 439–550. <https://biostor.org/reference/915>
- Elizondo-Lara, L. C. (2021). First record of *Caecilia guntheri* Dunn, 1942 (Gymnophiona, Caeciliidae) in Central America. *Check List*, 17(2), 649–653. <https://doi.org/10.15560/17.2.649>
- Fernández-Roldán, J. D., & Lynch, J. D. (2021). A new species previously confused with *Caecilia pachynema* (Günther, 1859) (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from the Cordillera Central of Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 4(2), 53–64. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2021.02.278>

- Fernández-Roldán, J. D., & Rueda-Almonacid, J. V. (2022). A new species of the genus *Caecilia* Linnaeus, 1758 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Caquetá, Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 5(3), 51–57. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2022.3.484>
- Frost, D. (2025). *Amphibian Species of the World 6.2, an Online Reference*. American Museum of Natural History. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>
- Gower, D. J., & Wilkinson, M. (2005). Conservation biology of Caecilian Amphibians. *Conservation Biology*, 19(1), 45–55. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1523-1739.2005.00589.x>
- Gray, J. E. (1850). *Catalogue of the specimens of Amphibia in the Collection of the British Museum. Part II. Batrachia Gradientia, etc. Printed by Order of the Trustees*. British Museum (Natural History), Department of Zoology. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.64048>
- Guayasamin, J. M., & Funk, W. C. (2009). The amphibian community at Yanayacu Biological Station, Ecuador, with a comparison of vertical microhabitat use among *Pristimantis* species and the description of a new species of the *Pristimantis myersi* group. *Zootaxa*, 2220(1), 41–66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2220.1.2>
- Hershkovitz, P. (1938). *A new caecilian from Ecuador* (Occasional Papers of the Museum of Zoology, 370). University of Michigan, Museum of Zoology. <https://hdl.handle.net/2027.42/56809>
- Lynch, J. D. (1999). Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 317–337.
- Maciel, A. O., & Hoogmoed, M. S. (2011). Taxonomy and distribution of Caecilian Amphibians (Gymnophiona) of Brazilian Amazonia, with a key to their identification. *Zootaxa*, 2984(1), 1–53. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2984.1.1>
- Nussbaum, R. A., & Hoogmoed, M. S. (1979). Surinam caecilians, with notes on *Rhinatrema bivittatum* and the description of a new species of *Microcaecilia* (Amphibia, Gymnophiona). *Zoologische Mededelingen*, 54(14), 217–235. <https://repository.naturalis.nl/pub/318761>
- Peloso, P. L. V. (2010). A safe place for amphibians? A cautionary tale on the taxonomy and conservation of frogs, caecilians, and salamanders in the Brazilian Amazonia. *Zoologia (Curitiba)*, 27(5), 667–673. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702010000500001>
- Taylor, E. H. (1968). *The Caecilians of the world. A taxonomic review*. University of Kansas Press.
- Taylor, E. H. (1972). Squamation in caecilians with an atlas of scales. *University of Kansas Science Bulletin*, 49, 989–1164.
- Taylor, E. H. (1973). A caecilian miscellany. *University of Kansas Science Bulletin*, 50(5), 187–231. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.25759>
- Taylor, E., & Peters, J. (1974). The caecilians of Ecuador. *University of Kansas Science Bulletin*, 50(7), 333–346.
- The International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1*. <https://www.iucnredlist.org>
- Vitt, L. J., & Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press.
- Wilkinson, M., San Mauro, D., Sherratt, E., & Gower, D. J. (2011). A nine-family classification of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). *Zootaxa*, 2874(1), 41–64. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2874.1.3>

AUTHORS' CONTRIBUTION

J. C. Cusi Martinez contributed to conceptualization, funding acquisition, investigation, methodology, writing (original draft, review and editing); F. I. Vargas contributed to investigation, methodology, writing (review and editing); V. J. Vargas contributed to investigation, methodology; P. Peloso contributed to investigation, writing (review and editing); A. O. Maciel contributed to conceptualization, investigation, methodology, writing (original draft, review and editing).

First documented record of interaction between vampire bat,
Desmodus rotundus (É. Geoffroy, 1810), and the Greater Naked-tailed Armadillo,
Cabassous tatouay (Desmarest, 1804), Brazil

Primeiro registro documentado de interação entre o morcego-vampiro,
Desmodus rotundus (É. Geoffroy, 1810), e o tatu-de-rabo-mole-grande, *Cabassous*
tatouay (Desmarest, 1804), Brasil

Randson Modesto Coêlho da Paixão¹  | Agnaildo de Sousa Sampaio¹  |

João Carlos da Cruz Abraão Filho¹  | Antonio Junio Nonato da Silva¹  |

Thomaz de Carvalho Callado¹  | Juan Carlos Vargas-Mena¹  | Carlos Salustio-Gomes¹ 

¹Ecocycle Brazil Science, Statistics and Conservation. João Pessoa, Paraíba, Brazil

Abstract: We reported the interaction between a common vampire bat (*Desmodus rotundus*) and a greater naked-tailed armadillo (*Cabassous tatouay*) recorded by camera traps in an Atlantic Forest remnant called 'Mata da Sucupira Torta' in Paraíba state, Brazil, in September 2023. This documented biological interaction corroborates the high plasticity of *D. rotundus* in the search for prey and underscores the urgency of understanding the processes that structure predator-prey relationships, especially in areas increasingly impacted by human activities. This observation also highlights the importance of using alternative methods to address gaps in our understanding of the ecological dynamics between predators and prey.

Keywords: Atlantic Forest. Ecological interaction. Predator. Prey.

Resumo: Relatamos o primeiro registro de interação entre um morcego-vampiro comum (*Desmodus rotundus*) e um tatu-de-rabo-mole-grande (*Cabassous tatouay*) com armadilhas fotográficas em um remanescente de Floresta Atlântica denominado 'Mata da Sucupira Torta', no estado da Paraíba, Brasil, em setembro de 2023. Esta interação biológica documentada corrobora a alta plasticidade de *D. rotundus* na busca por presas e reforça a urgência de compreender os processos que estruturam as relações biológicas entre predador-presa, especialmente em áreas que rapidamente estão sendo impactadas por atividades humanas. Essa observação enfatiza a importância do uso de métodos alternativos para preencher lacunas no entendimento das dinâmicas ecológicas entre predadores e presas.

Palavras-chave: Floresta Atlântica. Interações ecológicas. Predador. Presa.

Paixão, R. M. C., Sampaio, A. S., Abraão Filho, J. C. C., Silva, A. J. N., Callado, T. C., Vargas-Mena, J. C., & Salustio-Gomes, C. (2025). First documented record of interaction between vampire bat, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), and the Greater Naked-tailed Armadillo, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brazil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-1042. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.1042>

Corresponding author: Randson Modesto Coêlho da Paixão (randsonmodesto@ymail.com).

Received on 12/01/2024

Approved on 06/17/2025

Editorial responsibility: Alexandra Maria Ramos Bezerra



INTRODUCTION

Vampire bats belong to the Desmodontinae subfamily and are endemic to the Neotropics. In Brazil, three species are recognized: Hairy-legged vampire bat, *Diphylla ecaudata* Spix, 1823, white-winged vampire bat, *Diaemus youngii* (Jentink, 1893), and common vampire bat, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810). They are widely distributed in diverse ecosystems, including the Atlantic Forest (Martins et al., 2007). While *D. ecaudata* and *D. youngii* preferentially feed on the blood of birds (Scheffer et al., 2015), *D. rotundus* feeds mainly on the blood of mammals, including horses and cattle, and occasionally attacks humans (Hernández-Pérez et al., 2019; Hayes & Piaggio, 2018).

Among the vampire bats, *D. rotundus* is a medium-sized species, being the largest in the group, more common and widely distributed across the Americas (Greenhall et al., 1983). It is the only species described to typically attack and feed on both wild and domestic mammals (Hernández-Pérez et al., 2019; Brown & Escobar, 2023). Currently, the species is classified as Least Concern at the global level on the Red List of Threatened Species (Barquez et al., 2015), but it is not included in the National List of Threatened Species (MMA, 2022). The conversion of habitat by human activity has increased the availability and abundance of domestic species, mainly for livestock expansion (Mialhe & Moschini, 2020). This may contribute to changes in the ecological interactions between prey and vampire bats in many regions.

Despite the relevance of vampire bats and their natural distribution being restricted to the Neotropics, most information on ecological interactions is quite limited to a few regions such as Mexico (Hernández-Pérez et al., 2019), Costa Rica (Amit & Valverde-Zúñiga, 2022), Venezuela (Fischer et al., 2021), Argentina (Calfayan et al., 2019), and in some locations of Brazil (Gnocchi & Srbek-Araujo, 2017; M. Oliveira et al., 2022; Morais & Novaes, 2024). These animals are present in all Brazilian ecosystems, covering all states in Brazil (Martins et al., 2007), but information on the ecological interaction between vampire bats and wild prey in northeastern Brazil remains incipient (Feijó et al., 2023).

The greater naked-tailed armadillo *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804) stands out as the largest species within its genus and is characterized by the absence of tail shields, a trait it shares with other *Cabassous* species (Hayssen, 2014; Desbiez et al., 2022). Despite being widely distributed, particularly in habitats like the *Cerrado*, Atlantic Forest, and Pantanal, many uncertainties persist regarding its exact occurrence and population status (Desbiez et al., 2022). The uncertain distribution is attributed to its fossorial behavior and nocturnal and solitary habits, possibly resulting in low population density estimates (Rocha et al., 2024).

Although classified as of Least Concern (LC) by the The International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Desbiez et al., 2022) and absence in the National MMA list (MMA, 2022), *C. tatouay* faces significant threats such as illegal hunting and retaliation, driven by the consumption of its meat in many local communities, often justified as a recreational and cultural practice (S. Oliveira et al., 2015). Consequently, in some regional red lists, the species is classified as presumably threatened (Rio de Janeiro) and nearly threatened (Minas Gerais) (Desbiez et al., 2022). Given the interaction of *C. tatouay* with humans and the lack of knowledge about its distribution, ecology, and behaviour, new records are essential to advance the scientific understanding of this species.

There are several records of interactions between vampire bats and large and medium-sized wild mammals, such as deer, capybaras, wild pigs, and armadillos (Calfayan et al., 2019; Hernández-Pérez et al., 2019; Brown & Escobar, 2023). Although there are documented cases of species from the order Cingulata, such as the Giant Armadillo *Priodontes maximus* (Kerr, 1792) and the Nine-banded Armadillo *Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758, being preyed upon by vampire bats (Ríos-Solís et al., 2021; M. Oliveira et al., 2022), scientific knowledge about the interaction between these groups is still minimal. Specifically for *C. tatouay*, there are no documented records of its interaction with vampire bats (Rocha et al., 2024), highlighting the gaps in our understanding of the ecology

and interaction between these hematophagous bats and their prey. Here, we documented the first record of ecological interaction between a *D. rotundus* and *C. tatouay*.

MATERIAL AND METHODS

The study area is an Atlantic Forest remnant called 'Mata da Sucupira Torta' in Paraíba state, Brazil (Figure 1A). This forest remnant covers approximately 10,000 ha and includes seasonal semideciduous forest and savanna forest (IBGE, 2004; MapBiomas, 2022). The matrix surrounding

this remnant is used for agricultural purposes, mainly sugar cane monoculture, and for grazing domestic cattle (Almeida & Souza, 2023). The study is part of the project of Long-term monitoring and occupancy of birds and mammals in a highly fragmented landscape (SisBio/ICMBio nº 89190).

During the rainy season (May to September 2023), we randomized 19 geographic points and installed a camera trap at each one (model HC900A), fixed on trees at approximately 40 cm above the forest floor to record animal activity and potential interactions (Figure 1B).

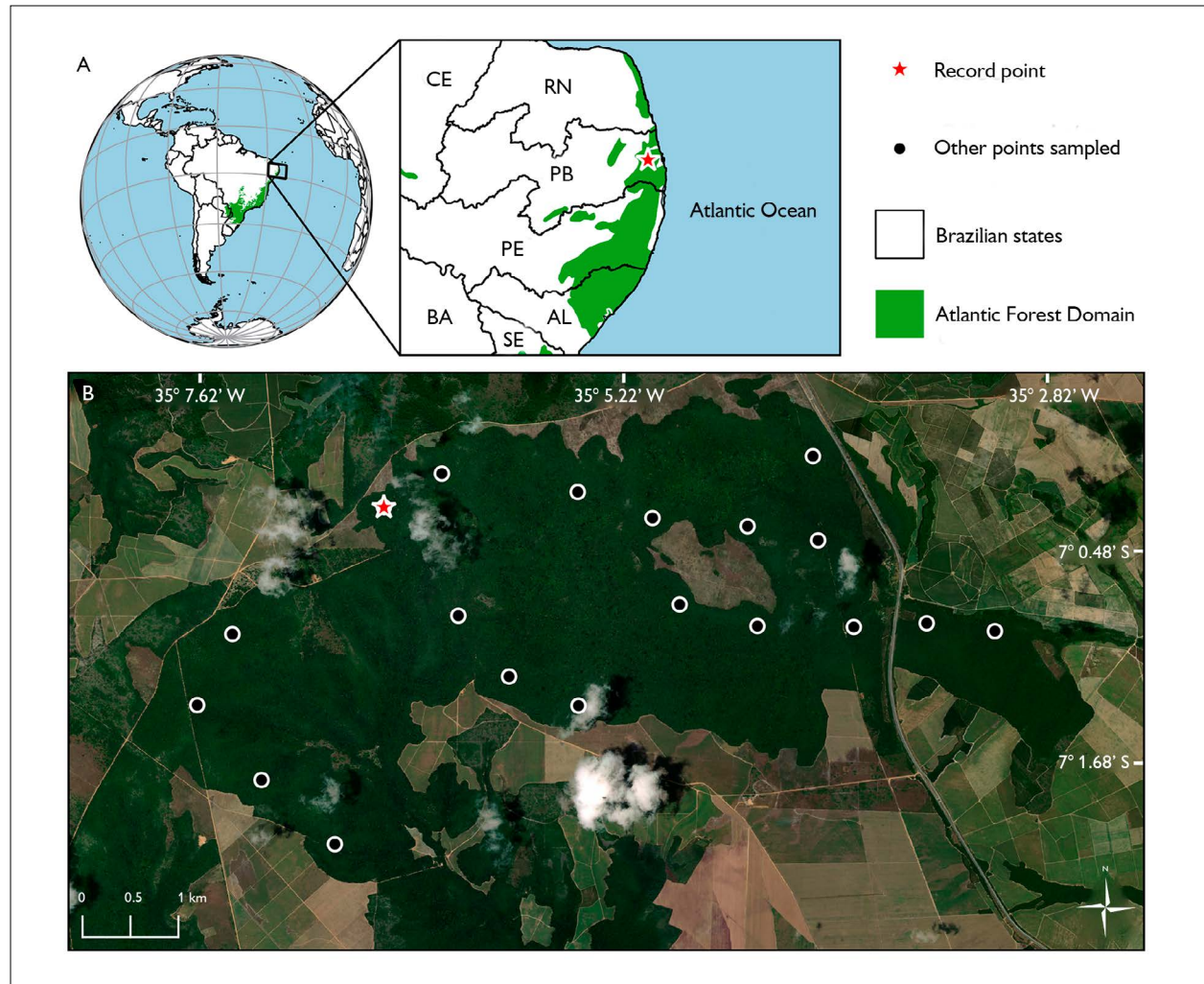


Figure 1. Location of the interaction record between *Desmodus rotundus* and *Cabassous tatouay*: A) the location is situated in the Atlantic Forest domain, Paraíba State, Brazil; B) the record occurred in a semideciduous seasonal forest approximately 160 m from the forest edge, from a long-term monitoring project of terrestrial vertebrates using 19 camera traps. Map: C. Salustio-Gomes (2024).

After establishing sampling points, camera traps were deployed at watering sites, fruit-and seed-bearing areas, natural burrows, fallen logs, vines serving as vertical substrates, slopes, and other structural features frequently utilized by mammals for movement, vigilance behaviour or refuge. All camera traps were located at least 150 m from the forest edge and a minimum of 750 m apart.

RESULTS

We recorded an ecological interaction event between *D. rotundus* and *C. tatouay* at 22h06 on 21 September 2023. The record occurred inside the semideciduous seasonal forest (7° 00' 13.93" S, 35° 06' 34.75" W) located approximately 160 m from the forest edge (Figure 1B). We recorded a single adult individual of *C. tatouay* foraging, followed by an attack of an individual of *D. rotundus* (Figure 2A; see video 1 in supplementary material)¹. Initially, the vampire bat landed on the ground near the armadillo's tail (Figure 2B; see video 1 in supplementary material). It then reached the prey by hopping and bit the tail (Figure 2C; see video 1 in supplementary material). Apparently as a probable antipredator response, the armadillo attempted to dislodge the bat using its hind limbs, followed by

vigorous digging behavior that directed ground toward the bat to repel the attacker. The bat remained attached to the tail for approximately 20 seconds before detaching and staying on the ground nearby. In a subsequent video recorded two minutes later, the bat was still near the armadillo (see video 2 in supplementary material)². It was not possible to confirm whether further interactions occurred. At 22h10, the bat took flight, landed briefly on a nearby tree, and then exited the camera trap's field of view (see video 2 in supplementary material).

DISCUSSION

Although interactions between vampire bats and various mammal species (Calfayan et al., 2019; Brown & Escobar, 2023), including other armadillo species (Brown & Escobar, 2023; M. Oliveira et al., 2022; Ríos-Solís et al., 2021; Zortéa et al., 2018), have been documented, we present the first interaction of *D. rotundus* attacking an armadillo of the genus *Cabassous*, specifically *C. tatouay*.

The diet of *D. rotundus* includes the blood of various taxa of mammals, birds, and occasionally humans (Greenhall et al., 1983), with most predation records in the literature involving wild or domestic mammals

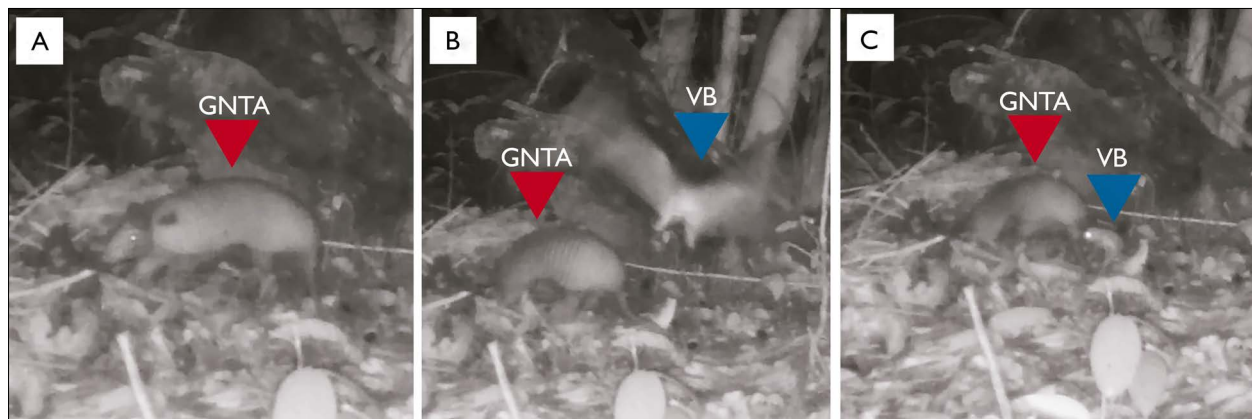


Figure 2. Image records of the interaction between *Desmodus rotundus* (VB) and *Cabassous tatouay* (GNTA) in the Atlantic Forest domain, Paraíba State, Brazil. We documented (A) *C. tatouay* foraging, (B) *D. rotundus* in flight, and (C) *D. rotundus* interacting with *C. tatouay*. Images: R. M. C. Paixão (2024).

¹ Link for the video: <https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/1042/672>

² Link for the video: <https://boletimcn.museu-goeldi.br/bcnaturais/article/view/1042/673>

(Brown & Escobar, 2023). The nocturnal activity of Cabassous armadillos suggests they could be potential prey; however, their fossorial behavior likely makes such interactions rare, explaining the scarcity of predation records involving *C. tatouay* (Rocha et al., 2024).

C. tatouay predominantly inhabits primary and secondary forests and is rarely found in degraded areas (Desbiez et al., 2022). In contrast, populations of vampire bats benefit from the abundant availability of food in degraded environments, primarily due to the establishment of large-scale domestic animal farming operations (M. Oliveira et al., 2022), which may also enhance their reproductive success. Nonetheless, vampire bat colonies depend on shelters in forested or protected areas rather than open degraded habitats (Vargas-Mena et al., 2020; Morais & Novaes, 2024). This difference in habitat use likely reduces encounters between these species and, consequently, lowers the detection probability of such interactions by observers.

The ecological significance of this first documented interaction is underscored by the rarity and consequent low detectability of the Greater Naked-tailed Armadillo *C. tatouay* within its natural habitats, which remains poorly documented due to the substantial field effort required to record the species. Camera trap studies provide a valuable alternative by enhancing the probability of detecting such interactions, which are considerably more challenging to observe through traditional field methods (Frey et al., 2017; Soriero et al., 2018; Moore et al., 2021; Ferry et al., 2024; Nicvert et al., 2024).

Understanding the ecology of species interaction requires increased attention, especially in forest habitats vulnerable to anthropogenic disturbances. While armadillos are frequently hunted and illegally consumed by local communities in the region, the potential for disease transmission by these species remains unknown (S. Oliveira et al., 2015). This highlights the ongoing importance of educational practices and environmental monitoring to protect forest habitats, conserve game

animal populations, discourage the illegal use of wildlife by human communities and safeguard public health from potential risks.

Additionally, this rare record is important for understanding predation by *D. rotundus* and contributes to future behavioral studies of both species. Finally, camera traps have proven effective for fauna monitoring by facilitating efficient data collection on behaviour and species distribution across different conservation areas and are invaluable for documenting novel and rare interspecific interactions.

CONCLUSION

The documentation of this interaction between *D. rotundus* and *C. tatouay* not only gives a novel insight into the ecological and behavioural dynamics between predator-prey but also increases the richness of taxa on which *D. rotundus* feeds on. This initial documentation highlights significant gaps in our knowledge, underscoring the need for further research using precise sampling methods. Furthermore, it emphasizes the value of camera trap studies in capturing rare interspecific interactions that are unlikely to be documented through more traditional field methods.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Ecocycle Brazil Science, Statistics and Conservation for funding. This research is part of the project “Long-term monitoring and occupancy of birds and mammals in a highly fragmented landscape” (SISBIO/ICMBio license: #89190-1). We thank all the volunteers who contributed to the execution of this work, as well as the anonymous reviewers for their insightful comments and suggestions on the manuscript.

REFERENCES

- Almeida, A. M., & Souza, A. F. (2023). Northern Atlantic Forest: conservation status and perspectives. In G. A. Pereira Filho, F. G. R. França, R. R. N. Alves, & A. Vasconcellos (Eds.), *Animal biodiversity and conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest* (pp. 7-22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_2

- Amit, R., & Valverde-Zúñiga, N. (2022). Bucking and charging defense of Baird's tapir (*Tapirella bairdii*) from common vampire bats (*Desmodus rotundus*). *Therya Notes*, 3(3), 147-152. https://doi.org/10.12933/therya_notes-22-87
- Barquez, R., Perez, S., Miller, B., & Diaz, M. (2015). *Desmodus rotundus*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2015, e.T6510A21979045. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T6510A21979045.en>
- Brown, N., & Escobar, L. E. (2023). A review of the diet of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) in the context of anthropogenic change. *Mammalian Biology*, 103, 433-453. <https://doi.org/10.1007/s42991-023-00358-3>
- Calfayan, L. M., Bonnot, G., & Villafañe, I. E. G. (2019). Case reports of common vampire bats *Desmodus rotundus* (Chiroptera: Phyllostomidae: Desmodontinae) attacking wild exotic mammals in Argentina. *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.31687/saremNMS.19.0.05>
- Desbiez, A. L. J., Kluyber, D., Massocato, G. F., Barreto, L. M., & Attias, N. (2022). O que sabemos sobre os tatus do Pantanal? Revisão do conhecimento sobre ecologia, biologia, morfologia, saúde, conservação, distribuição e métodos de estudo. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17(1), 11-69. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i1.834>
- Feijó, A., Beltrão, M., Costa-Pinto, A. L., Rocha, P. A., Freitas, M. A., Campos, B. A. T. P., Astuá, D., & Cordeiro-Estrela, P. (2023). Mammals of the Pernambuco Endemism Center: diversity, biogeography, research gaps, and conservation concerns. In G. A. Pereira Filho, F. G. R. França, R. R. N. Alves, & A. Vasconcellos (Eds.), *Animal biodiversity and conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest* (pp. 201-228). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21287-1_13
- Ferry, N., Dupont, P., Bender, A., & Heurich, M. (2024). Introducing recurrent event analyses to assess species interactions based on camera-trap data: A comparison with time-to-first-event approaches. *Methods in Ecology and Evolution*, 15(7), 1233-1246. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14338>
- Fischer, C., Pontier, D., Filippi-Codaccioni, O., Pons, J. B., Postigo-Hidalgo, I., Duhayer, J., Brünink, S., & Drexler, J. F. (2021). Venezuelan equine encephalitis complex alphavirus in bats, French Guiana. *Emerging Infectious Diseases*, 27(4), 1141. <https://doi.org/10.3201/eid2704.202676>
- Frey, S., Fisher, J. T., Burton, A. C., & Volpe, J. P. (2017). Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: Challenges and opportunities. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 3(3), 123-132. <https://doi.org/10.1002/rse2.60>
- Gnocchi, A. P., & Srbek-Araujo, A. C. (2017). Common vampire bat (*Desmodus rotundus*) feeding on lowland Tapir (*Tapirus terrestris*) in an Atlantic Forest remnant in southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 17(3), e20170326. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2017-0326>
- Greenhall, A. M., Joermann, G., & Schmidt, U. (1983). *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*, 202, 1-6.
- Hayes, M. A., & Piaggio, A. J. (2018). Assessing the potential impacts of a changing climate on the distribution of a rabies virus vector. *PLoS ONE*, 13(2), e0192887. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192887>
- Hayssen, V. (2014). *Cabassous tatouay* (Cingulata: Dasypodidae). *Mammalian Species*, 46(909), 28-32. <https://doi.org/10.1644/909>
- Hernández-Pérez, E. L., Castillo-Vela, G., García-Marmolejo, G., Sanvicente López, M., & Reyna-Hurtado, R. (2019). Wild pig (*Sus scrofa*) as prey of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). *Therya*, 10(2), 195-199. <http://dx.doi.org/10.12933/therya-19-685>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2004). *Mapa de vegetação do Brasil*. IBGE.
- MapBiomas. (2022). *Coleção 8*. <https://brasil.mapbiomas.org/map/colecao-8/>
- Martins, F., Ditchfield, A., Meyer, D., & Morgante, J. (2007). Mitochondrial DNA phylogeography reveals marked population structure in the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Phyllostomidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(4), 372-378. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0469.2007.00419.x>
- Mialhe, P. J., & Moschini, L. E. (2020). Repopulação de abrigos de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* após ações de controle seletivo direto no município de São Pedro-SP. *Medicina Veterinária*, 14(4), 297-306. <https://doi.org/10.26605/medvet-v14n4-2141>
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2022, 13 dez.). Portaria GM/MMA nº 300, de 13 de dezembro de 2022: Reconhece a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. *Diário Oficial da União*. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mma-n-300-de-13-de-dezembro-de-2022-450425464>
- Moore, J. F., Soanes, K., Balbuena, D., Beirne, C., Bowler, M., Carrasco-Rueda, F., Cheyne, S. M., Coutant, O., Forget, P., Haysom, J. K., Houlihan, P. R., Olson, E. R., Lindshield, S., Martin, J., Tobler, M., Whitworth, A., & Gregory, T. (2021). The potential and practice of arboreal camera trapping. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(10), 1768-1779. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13666>

- Morais, L. A., & Novaes, R. L. M. (2024). Foraging strategies of common vampire bat (*Desmodus rotundus*) on native wild prey: insights from camera trap observations. *Acta Chiropterologica*, 26(2), 219-225. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2024.26.2.006>
- Nicvert, L., Donnet, S., Keith, M., Peel, M., Somers, M. J., Swanepoel, L. H., Venter, J., Fritz, H., & Dray, S. (2024). Using the multivariate Hawkes process to study interactions between multiple species from camera trap data. *Ecology*, 105(4), e4237. <https://doi.org/10.1002/ecy.4237>
- Oliveira, M. B., Andrade, H. S., Cordeiro, J. L., & Oliveira, L. F. B. (2022). Potential feeding event of *Prionotus maximus* (Cingulata: Dasypodidae) by *Desmodus rotundus* (Chiroptera: Desmodontinae) in the Cerrado, Western Brazil. *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos*, 4(1), e22.5.1. <https://doi.org/10.31687/SaremNMS22.5.1>
- Oliveira, S. V. D., Corrêa, L. L., Peters, F. B., Mazim, F. D., Garcias, F. M., Santos, J. P. D., & Kasper, C. B. (2015). Occurrence of *Cabassous tatouay* (Cingulata, Dasypodidae) in Rio Grande do Sul and its potential distribution in southern Brazil. *Iheringia, Série Zoologia*, 105(2), 235-241. <https://doi.org/10.1590/1678-476620151052235241>
- Ríos-Solís, J. A., López-Acosta, J. C., & MacSwiney G., M. C. (2021). Potential attack of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*) on nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) in northern Oaxaca, México. *Therya Notes*, 2(3), 147-150. https://doi.org/10.12933/therya_notes-21-52
- Rocha, E. C., Silva, J., Silva, D. P., Lemos, F. G., & Castro, M. C. (2024). Distribution of the greater naked-tailed armadillo *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804) in South America, with new records and species distribution modeling. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 59(1), 166-174. <http://dx.doi.org/10.1080/01650521.2022.2085018>
- Scheffer, K. C., Barros, R. F., Iamamoto, K., Mori, E., Asano, K. M., Achkar, S. M., Estevez-Garcia, A. I., Oliveira-Lima, J. Y., & Fahl, W. O. (2015). *Diphylla ecaudata* y *Diaemus youngi*: Biología y comportamiento. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(3), 436-445. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372015000300009
- Soriero, V. R., Wooldridge, R. L., Harmsen, B. J., Charette, M., Kilburn, V., & Foster, R. J. (2018). Range extension of Northern Naked-tailed Armadillo, *Cabassous centralis* Miller, 1899 (Mammalia, Cingulata, Chlamyphoridae), in Belize. *Check List*, 14(5), 839-843. <https://doi.org/10.15560/14.5.839>
- Vargas-Mena, J. C., Cordero-Schmidt, E., Rodriguez-Herrera, B., Medellín, R. A., Bento, D. M., & Venticinque, E. M. (2020). Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. *Journal of Mammalogy*, 101(2), 464-475. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz206>
- Zortéa, M., Silva, D. A., & Calaça, A. M. (2018). Susceptibility of targets to the vampire bat *Desmodus rotundus* are proportional to their abundance in Atlantic Forest fragments? *Iheringia, Série Zoologia*, 108, e2018037. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018037>

AUTHORS' CONTRIBUTION

R. M. C. Paixão contributed to project administration, formal analysis, conceptualization, methodology, resources, validation, supervision, and writing (original draft writing, review and editing investigation); A. S. Sampaio contributed to project administration, formal analysis, conceptualization, methodology, resources, validation, supervision, and writing (original draft writing, review and editing investigation); J. C. C. Abraão Filho contributed to resources and writing (data curation, proofreading and editing); A. J. N. Silva contributed to resources and writing (data curation, proofreading and editing); T. C. Callado contributed to resources and writing (data curation, proofreading and editing); J. C. Vargas-Mena contributed to resources and writing (data curation, proofreading and editing); and Salustio-Gomes contributed to project administration, formal analysis, conceptualization, methodology, resources, validation, supervision, and writing (original draft writing, review and editing investigation).



MEMÓRIA

A coleção histórica do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi: história, vulnerabilidade e conservação

The historical collection of the herbarium of the Museu Paraense Emílio Goeldi: history, vulnerability and conservation

Antônio Elielson Sousa da Rocha¹  | André dos Santos Bragança Gil¹ 

¹Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica. Belém, Pará, Brasil

Resumo: O Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), o mais antigo da Amazônia, possui, dentre seus importantes acervos, uma coleção histórica com mais de 17 mil exsicatas registradas na base de dados (livros-tombo), todavia mais de 21% destes registros não foram encontrados nos dados informatizados, atualmente em uso. Diante dessa constatação, investigações foram realizadas na tentativa de entender esse expressivo desaparecimento dos registros, e algumas questões foram levantadas: O que aconteceu com esses registros desaparecidos? Quando sumiram os registros? As exsicatas também desapareceram do acervo? Essas exsicatas pertenciam a um único táxon (família, gênero, espécie)? O histórico de má conservação do acervo foi responsável pelo desaparecimento desses registros? Os resultados demonstraram que Apocynaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae e Orchidaceae estariam mais fortemente indicadas como suscetíveis a ataques de insetos e fungos.

Palavras-chave: Acervo botânico. Conservação de exsicatas. Táxons vulneráveis.

Abstract: The herbarium of the Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), the oldest in the Amazon, has, among its important collections, a Historical Collection with more than 17 thousand specimens registered in its database (registry books), however more than 21% of these records were not found in the computerized data currently in use. Faced with this finding, investigations were carried out in an attempt to understand this significant disappearance of records, and some questions were raised: What happened to these missing records? When did the records disappear? Did the exsiccates also disappear from the collection? Did these specimens belong to a single taxon (family, genus, species)? Was the history of poor conservation of the collection responsible for the disappearance of these records? The results showed that Apocynaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae and Orchidaceae would be more strongly indicated as susceptible to insect and fungal attacks.

Keywords: Botanical collection. Conservation of specimens. Vulnerable taxa.

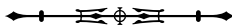
Rocha, A. E. S., & Gil, A. S. B. (2025). A coleção histórica do Herbário MG: história, vulnerabilidade e conservação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 20(2), e2025-0945. <http://doi.org/10.46357/bcnaturais.v20i2.0945>

Autor para correspondência: Antônio Elielson Sousa da Rocha. Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica. Avenida Perimetral, 1901 – Terra Firme. Belém, PA, Brasil. CEP 66077-830 (asrocha@museu-goeldi.br).

Recebido em 19/09/2023

Aprovado em 18/03/2025

Responsabilidade editorial: Layla Jamylle Costa Schneider



O Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi (MG), o primeiro da região Norte e o quarto fundado no Brasil, salvaguarda plantas vasculares, briófitas, fungos e líquens, além das coleções associadas de plântulas, óleos essenciais, palinoteca, xiloteca e carpoteca. Reúne aproximadamente 240 mil registros, incluindo ca. 3.200 tipos nomenclaturais. Todavia, antes de sua fundação, em 1895, o acervo botânico do então Museu Paraense se resumia a um pequeno número de amostras de madeiras e frutos.

O naturalista e zoólogo suíço-alemão Emílio Augustus Goeldi, em seu primeiro relatório como diretor do Museu Paraense, esclareceu ao governador do estado do Pará, Lauro Sodré, que, sem um herbário formalizado e associado, essas e outras amostras de madeiras e frutos armazenados não teriam serventia em um museu de história natural, por se encontrarem destituídas de valor científico (Goeldi, 1894). Somente com a criação de um herbário, seria possível catalogar e armazenar a enorme riqueza vegetal da Amazônia, evitando as habituais remessas de plantas aos museus da Europa e dos Estados Unidos (Sanjad, 2005). Em 1895, Lauro Sodré contratou o botânico suíço Jacques Huber para ser o chefe da seção de botânica do Museu Paraense, e no mesmo ano fundou o *Herbarium Amazonicum Musei Paraensis* (tratado como o Herbário Paraense).

Durante os cinco primeiros anos do Herbário Paraense, apenas as coletas de Jacques Huber representavam 60% do acervo, sendo grande parte proveniente do atual estado do Amapá, da ilha de Marajó e do nordeste paraense. Diante do irrisório ritmo de contratações de novos funcionários pelo Museu Paraense, a taxa de incremento do acervo do herbário fora decaindo consideravelmente, sendo que, em 1905, o incremento foi de 262 amostras. Somente a partir de 1907, quando retornaram os investimentos, o acervo voltou a crescer, fundamentalmente por meio das expedições do botânico austríaco Adolpho Ducke ao oeste do estado do Pará, das doações de exsicatas de Ernst Ule, provenientes da região do Acre e de Roraima, bem como das coletas realizadas pelos técnicos do Museu Paraense, principalmente

nos arredores de Belém, identificados nas etiquetas das exsicatas como 'Pessoal do Museu'. Exemplificando, em 1907, o Herbário Paraense contabilizava ca. 9.200 amostras, com um incremento anual de 677 amostras; decorridos sete anos (em 1914), o acervo atingiu algo próximo de 15.000 registros. Destacam-se ainda, nesse período de notáveis incrementos ao Herbário Paraense, a incorporação de preciosas coleções, como a de Richard Spruce, oriundas do estado do Amazonas, de meados do século XIX (461 amostras), assim como as coletas de Per Karl Hjalmar Dúsen no estado do Rio de Janeiro (207 amostras) e as de Francisco Lima nos estados do Piauí e do Ceará (176 amostras). O Herbário MG abriga, ainda, outra importante coleção histórica amazônica, a de Luigi Buscalioni (260 amostras), datada de 1899, recebida como doação e incorporada ao acervo do herbário apenas em 1999.

Com a morte prematura de Jacques Huber, em 18 de fevereiro de 1914, as ações de pesquisas e coletas vinculadas ao Herbário Paraense diminuíram drasticamente. Além disso, a crise econômica do ciclo da borracha se agravou, culminando, em 1918, na transferência de Adolpho Ducke para o Herbário do Jardim Botânico do Rio Janeiro (Cavalcante, 1984).

A partir de 1918, o Herbário Paraense entrou em um período de inatividade. O acervo de 17.300 exsicatas, distribuídas em 193 famílias botânicas (de acordo com informações dos livros-tombo do herbário), ficou aos cuidados de um único técnico, Rodolfo de Siqueira Rodrigues, porém sem qualquer recurso para manutenção e conservação (Cavalcante, 1984).

Setenta e quatro por cento das 17.300 amostras pertenciam a apenas três coletores: Jacques Huber, Adolpho Ducke e Ernst Ule. Atualmente, essas amostras compõem a coleção histórica do Herbário MG, de valor inestimável para a botânica no mundo, com o registro de aproximadamente 400 tipos nomenclaturais, representando cerca de 10% do total de tipos do MG.

Durante a primeira visita de Adolpho Ducke a Belém, no período em que o herbário esteve inativo

(1918-1955), ele constatou que o *Herbarium Amazonicum Musei Paraensis* não recebia qualquer tipo de manutenção e que nenhum tipo de inseticida ou desinfetante vinha sendo utilizado no acervo (Ducke, 1953). Por mais de três décadas o acervo assim permaneceu.

Em 1946, Adolpho Ducke retornou a Belém, quando realizou um inventário no acervo do herbário e constatou que, devido aos anos sem os devidos cuidados, um grande número de amostras das famílias Apocynaceae, Boraginaceae, Bignoniaceae, Verbenaceae, Violaceae, Bixaceae e Asteraceae não foi encontrado (Ducke, 1953). Na sua última passagem por Belém, em 1949, Adolpho Ducke voltou a organizar o acervo e realizou um expurgo.

Após 1955, quando o Museu Goeldi passou a ser subordinado administrativamente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o herbário voltou a receber novos expurgos, quase sempre anuais.

Nos primeiros expurgos realizados pelo Herbário MG, foram utilizados os mais diferentes produtos, como enxofre, cloreto de zinco ou ácido fênico sublimado com uma solução de sal de cozinha (Goeldi, 1894). Antigos servidores do herbário relatam também o uso de 'verde-paris', um inseticida de coloração verde-clara que continha arsênico, além do mais frequentemente utilizado até o início dos anos 1980, pentaclorofenol, mais conhecido como pó-da-china. Em meados da década de 1980, o Museu Paraense Emílio Goeldi passou a empregar a fosfina, um gás tóxico e incolor, utilizado até os dias atuais. Essas intervenções podem até ter exercido algum efeito sobre os agentes biológicos, porém seus efeitos sobre o acervo também podem ter ocasionado alterações físico-químicas, acelerando o processo de degradação das exsicatas (Almeida & Bojanoski, 2009).

Segundo Goeldi (1894), o trabalho de conservação das plantas em herbários nas regiões tropicais do planeta era 'penoso' e 'espinhoso', e hoje sabemos que, na Amazônia, a tarefa é ainda mais desafiadora. Algumas ameaças ambientais e biológicas são severamente relevantes na conservação

dos acervos e merecem atenção. Fungos e insetos, bem como umidade e temperatura elevadas podem causar danos avassaladores aos acervos (Mori et al., 1985), o que reforça a exigência do manejo adequado da coleção, com monitoramento permanente, implicando cuidados como o criotratamento das amostras ao entrarem na coleção, climatização adequada (temperatura até 20 °C e umidade abaixo de 50%) e vedação hermética da reserva técnica, além de expurgos periódicos, ações cruciais e indispensáveis.

Os materiais hoje utilizados na confecção das exsicatas do Herbário MG – como a cola à base de acetato e os papéis alcalinos – não existiam nas décadas de formação do acervo. De acordo com Goeldi (1894), o único tipo de papel empregado na época era o chamado 'mata-borrão'. Esse papel, extremamente ácido, possuía superfície rugosa e baixa gramatura, o que favorecia a ação de insetos e o surgimento de fungos nas exsicatas. Além disso, sua baixa gramatura o tornava maleável, favorecendo a quebra e a perda de material botânico no manuseio das amostras. Ressalte-se ainda que as plantas eram costuradas no mata-borrão, o que possibilitou, ao longo dos anos, o desmonte de muitas exsicatas durante os estudos, podendo levar à perda total ou parcial das amostras.

Por décadas, essas exsicatas históricas foram acondicionadas de forma precária, em latas metálicas, distribuídas em prateleiras. Periodicamente, era inserida apenas naftalina para repelir fungos e insetos.

Desde o tombamento da primeira exsicata, em 1895, a coleção histórica do Museu Goeldi passou por um longo processo de exposição a intempéries, o que pode ter impactado diretamente o estado de conservação do acervo. Das 17.300 amostras registradas nos livros-tombo entre os anos de 1895 e 1918, 3.657 não foram encontradas na base de dados atualmente informatizada. Os destinos dessas exsicatas desaparecidas podem ter sido os mais diversos. Algumas amostras podem ter sido descartadas devido a acidentes ocorridos no prédio da coleção (como alagamentos causados por chuvas intensas, típicas de regiões tropicais) e/ou em virtude de mudanças

de local (o acervo já esteve em pelo menos três locais dentro do Museu Goeldi). Também é possível que perdas tenham ocorrido por empréstimos a outras instituições ou pesquisadores, cujos itens não foram devolvidos, bem como pelo manuseio inadequado das exsicatas. Contudo, a principal causa considerada é a má conservação do acervo ao longo do tempo, o que teria favorecido ataques de insetos e fungos – uma das principais razões para o desaparecimento de amostras em coleções biológicas, de acordo com Monteiro e Siani (2022).

Conforme Bačič et al. (2010), os ataques de insetos e fungos em herbários incidem preferencialmente em algumas famílias botânicas. Portanto, hipoteticamente, as

famílias com as maiores perdas de exsicatas poderiam ser consideradas as mais vulneráveis do acervo.

A lista de 'exsicatas não encontradas' na coleção histórica do Herbário MG foi organizada por famílias, sendo definidos aqui, supostamente, três grupos distintos: as de baixa, as de média e as de alta vulnerabilidade. O primeiro grupo concentrou 98 famílias e 673 exsicatas (18,4%), com uma média de 6,8 amostras desaparecidas por família. O segundo grupo concentrou 20 famílias, 674 exsicatas (18,4%), com uma média de 33,7 exsicatas desaparecidas por família. Já o terceiro grupo concentrou 20 famílias, 2.310 exsicatas (63,2%), com uma média de 115,5 exsicatas não encontradas por família (Tabela 1).

Tabela 1. Famílias botânicas com perdas de exsicatas ao longo dos anos – coleção histórica do Herbário MG. Legendas: *** = alta vulnerabilidade; ** = media vulnerabilidade; * = baixa vulnerabilidade; N° = exsicatas perdidas. (Continua)

Table 1. Botanical families with loss of specimens over the years – Historical collection of the MG herbarium. Captions: *** = high vulnerability; ** = medium vulnerability; * = low vulnerability; N° = lost specimens. (Continue)

Família	N°	Família	N°	Família	N°
Fabaceae***	556	Cyclanthaceae*	17	Cunoniaceae*	4
Apocynaceae***	170	Lacistemataceae*	17	Cyrillaceae*	4
Malpighiaceae***	159	Begoniaceae*	16	Hymenophyllaceae*	4
Euphorbiaceae***	156	Gentianaceae*	16	Liliaceae*	4
Malvaceae***	138	Xyridaceae*	16	Rhizophoraceae*	4
Bignoniaceae***	136	Combretaceae*	15	Bixaceae*	3
Rubiaceae***	121	Convolvulaceae*	15	Bromeliaceae*	3
Marantaceae***	100	Cyatheaceae*	15	Dichapetalaceae*	3
Melastomataceae***	84	Elaeocarpaceae*	15	Monimiaceae*	3
Menispermaceae***	84	Aristolochiaceae*	14	Phytolaccaceae*	3
Clusiaceae***	81	Simaroubaceae*	13	Rapateaceae*	3
Polygonaceae***	79	Solanaceae*	13	Symplocaceae*	3
Cucurbitaceae***	67	Lecythidaceae*	12	Zingiberaceae*	3
Gesneriaceae***	60	Vochysiaceae*	12	Alismataceae*	2
Turneraceae***	60	Connaraceae*	11	Amaryllidaceae*	2
Moraceae***	58	Costaceae*	11	Araliaceae*	2
Loranthaceae***	55	Aquifoliaceae*	10	Burmanniaceae*	2
Orchidaceae***	52	Ebenaceae*	10	Calophyllaceae*	2
Passifloraceae***	49	Eriocaulaceae*	10	Cycadaceae*	2
Asteraceae***	45	Gnetaceae*	10	Ericaceae*	2
Cyperaceae**	44	Marcgraviaceae*	10	Heliconiaceae*	2
Sapotaceae**	44	Quiinaceae*	10	Loasaceae*	2

Tabela 1 | *Table 1* (Conclusão) | *(Conclusion)*

Família	Nº	Família	Nº	Família	Nº
Loganiaceae**	43	Scrophulariaceae*	10	Nyctaginaceae*	2
Amaranthaceae**	41	Caryocaraceae*	9	Pontederiaceae*	2
Lentibulariaceae**	39	Celastraceae*	9	Trigoniaceae*	2
Poaceae**	37	Commelinaceae*	9	Campanulaceae*	1
Sapindaceae**	37	Olacaceae*	9	Caryophyllaceae*	1
Burseraceae**	36	Polygalaceae*	9	Clethraceae*	1
Verbenaceae**	34	Proteaceae*	9	Crassulaceae*	1
Humiriaceae**	33	Anacardiaceae*	8	Elatinaceae*	1
Araceae**	32	Iridaceae*	8	Equisetaceae*	1
Chrysobalanaceae**	32	Linaceae*	8	Gleicheniaceae*	1
Annonaceae**	31	Oxalidaceae*	8	Erythraliaceae*	1
Lauraceae**	31	Thymelaeaceae*	8	Mayacaceae*	1
Myristicaceae**	29	Dilleniaceae*	7	Nymphaeaceae*	1
Polypodiaceae**	27	Erythroxylaceae*	7	Plumbaginaceae*	1
Salicaceae**	27	Icacinaceae*	7	Podostemaceae*	1
Myrtaceae**	26	Selaginellaceae*	7	Primulaceae*	1
Violaceae**	26	Aizoaceae*	6	Rhamnaceae*	1
Rutaceae**	25	Capparaceae*	6	Santalaceae*	1
Lythraceae*	22	Lamiaceae*	6	Siparunaceae*	1
Arecaceae*	21	Lycopodiaceae*	6	Taccaceae*	1
Meliaceae*	21	Boraginaceae*	5	Theaceae*	1
Acanthaceae*	20	Myrsinaceae*	5	Theophrastaceae*	1
Ochnaceae*	18	Piperaceae*	5	Ulmaceae*	1
Vitaceae*	18	Urticaceae*	5	Zamiaceae*	1

Dez entre as 20 famílias com maior número de exsicatas não encontradas, consideradas neste estudo como de maior vulnerabilidade, concentraram mais de 50% dos registros desaparecidos da coleção histórica em questão. Em números absolutos, Fabaceae aparece como a família mais vulnerável, com perda de 556 exsicatas, seguida de Apocynaceae, com 170, Malpighiaceae, com 159, e Euphorbiaceae, com 156.

Considerando o ataque de insetos e fungos como o principal fator responsável pelo desfalque das exsicatas do MG (Monteiro & Siani, 2022), o que poderia estar atraindo esses agentes a determinadas famílias, em detrimento de outras?

Dentre as 20 famílias com maiores perdas, Apocynaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Clusiaceae,

Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Melastomataceae, Moraceae e Passifloraceae apresentam diferentes tipos de exsudatos, desde incolor, branco, amarelo, até avermelhado (Ribeiro et al., 1999). Essas famílias têm em comum extensas atividades metabólicas de produtos secundários, atuando na defesa das plantas ou funcionando como agentes atrativos para polinizadores (Raven et al., 2006).

Além dos exsudatos, especialistas em conservação de herbário são unânimes em afirmar que as partes da exsicata mais suscetíveis ao ataque de insetos são as flores, mais tenras e suculentas (Mori et al., 1985; Hall, 1988). Portanto, é importante destacar que, neste estudo, dez das vinte famílias com as maiores perdas possuem flores vistosas.

A listagem das 20 famílias mais vulneráveis da coleção histórica do Herbário MG constitui um indicativo preliminar, que pode auxiliar análises científicas mais criteriosas, com a inclusão de outras variáveis. Com o objetivo de contribuir para essa lista, foi feita uma consulta aos curadores e técnicos de três herbários amazônicos (Herbário do Instituto Agrônômico do Norte, da Embrapa Amazônia Oriental – IAN, Herbário do Instituto de Estudos Costeiros

da Universidade Federal do Pará – HBRA e Herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA) e do Herbário MG, perguntando-lhes, via e-mail, quais famílias eram frequentemente atacadas por fungos e insetos em seus acervos. Foram elencadas quatro famílias por herbário, resultando em uma lista de 11 famílias, entre as quais nove estão presentes entre as 20 mais vulneráveis da coleção histórica do Herbário MG (Tabela 2).

Tabela 2. Famílias indicadas por curadores do IAN, do INPA e do HBRA com maior incidência de ataques em herbários amazônicos e no Herbário MG.

Table 2. Families indicated by IAN, INPA and HBRA curators, with the highest incidence of attacks in Amazonian herbaria and in the MG herbarium.

IAN	INPA	HBRA	MG
Acanthaceae	Bignoniaceae	Bignoniaceae	Fabaceae
Apocynaceae	Euphorbiaceae	Convolvulaceae	Apocynaceae
Euphorbiaceae	Fabaceae	Fabaceae	Malpighiaceae
Malpighiaceae	Orchidaceae	Malvaceae	Euphorbiaceae

Mesclando as listas das 20 famílias mais vulneráveis à lista das famílias indicadas pelos curadores, contatou-se que Apocynaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Malvaceae e Orchidaceae estariam mais fortemente indicadas como suscetíveis a ataques de fungos e insetos em herbários amazônicos. Porém, é importante enfatizar que as demais famílias com flores vistosas, exsudatos e odores fortes merecem atenção.

AGRADECIMENTOS

Aos curadores Michael Hopkins, do Herbário INPA, Ulf Mehlig, do Herbário HBRA, e Helena Joseane Souza, do Herbário IAN.

REFERÊNCIAS

Almeida, T. H., & Bojanoski, S. F. (2009). Tratamentos químicos aplicados à biodeterioração de acervos documentais na cidade do Rio de Janeiro. In *Anais do XIII Congresso da ABRACOR* (pp. 387-393). ABRACOR. <https://antigo.bn.gov.br/producao/documentos/tratamentos-quimicos-aplicados-biodeterioracao-acervos>

Bačič, T., Trčak, B., & Jogan, N. (2010). Damage by Pests in Herbarium LJU - Škoda zaradi herbarijskih škodljivcev v Herbariju LJU. *Acta Biologica Slovenica*, 53(2), 13-21. <http://dx.doi.org/10.14720/abs.53.2.15501>

Cavalcante, P. B. (1984). *O Herbário do Museu Goeldi* (Série Guias, 6). Museu Paraense Emílio Goeldi. <http://repositorio.museum-goeldi.br/handle/mgoeldi/956>

Ducke, A. (1953). O Herbário Amazônico do Museu Paraense em 1950. *Boletim Técnico. IAN*, (28), 39-44. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/375660>

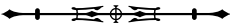
Goeldi, E. A. (1894). Carta-Circular. *Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia*, 1(1), 8-10. <http://repositorio.museum-goeldi.br/handle/mgoeldi/1044>

Hall, A. V. (1988). Pest control in herbaria. *Taxon*, 37(4), 885-907. <https://doi.org/10.2307/1222094>

Monteiro, S. S., & Siani, A. C. (2022). A conservação de exsicatas em herbários: contribuição ao manejo e preservação. *Fitos*, 4(2), 24-37. <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2009.95>

Mori, S. A., Silva, L. A. M., Lisboa, G., & Coradin, L. (1985). *Manual de manejo do herbário fanerogâmico*. Centro de Pesquisa do Cacau.

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichorn, S. E. (2006). *Biologia vegetal* (7. ed.). Editora Guanabara Koogan.



- Ribeiro, J. E. L. S., Hopkins, M. J. G., Vicentini, A., Sothers, C. A., Costa, M. A. S., Brito, J. M., Souza, M. A. D., Martins, L. H., Lohmann, L. G., Assunção, P. A., Pereira, E. C., Silva, C. F., Mesquita, M. R., & Procópio, L. C. (1999). *Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central*. INPA-DFID.
- Sanjad, N. (2005). *A Coruja de Minerva: o Museu Paraense entre o Império e a República, 1866-1907* [Tese de doutorado, Fundação Oswaldo Cruz]. Repositório do Museu Paraense Emílio Goeldi. <http://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/1230>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

A. E. S. Rocha contribuiu com curadoria de dados, metodologia e escrita (rascunho original, revisão e edição); e A. S. B. Gil com metodologia e escrita (revisão e edição).

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 obituário 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=login>).

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 no idioma do texto e em inglês 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 no idioma do texto e em inglês, 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..... *Bachia flavescens*
Dígito com unhas, dorsais quilhadas.....*Bachia panoplia*
3. Mãos com apenas 4 dedos 4
Mãos com 5 dedos 5
4. Escamas dorsais lisas*Gymnophthalmus underwoodii*
Escamas dorsais quilhadas *Amapasaurus tetradactylus*
5. Cabeça com grandes placas 6
Cabeça com escamas pequenas 7
6. Placas posteriores da cabeça formam uma linha redonda.....*Alopoglossus angulatus*
Placas posteriores da cabeça formam uma linha reta *Arthrosaura kockii*
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 in the language of the text and in English, 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 in the language of the text and in English, 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.

Efeitos do ambiente sobre a diversidade beta de percevejos semiaquáticos em riachos amazônicos sob influência de extração de bauxita
Effects of environmental variation on beta diversity of semi-aquatic bugs in Amazonian streams influenced by bauxite extraction
Vinícius Araújo da Luz | Erlane José Cunha | Alana Patrícia Meguy Guterres | Gizelia Ferreira Matos Pereira | Leandro Juen

Dieta de *Athene cunicularia* (Strigidae) no *campus* da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ilha do Fundão, Brasil
Diet of *Athene cunicularia* (Strigidae) on the *campus* of the Federal University of Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Brazil
Vania Soares Alves | Maria Luisa Marinho de Noronha | Ana Galvão

Avifauna do Jardim Botânico de Piracicaba (Área I - Santa Rita), São Paulo, e sua importância na restauração e conservação da Floresta Estacional Semidecidual
Avifauna of the Piracicaba Botanical Garden (Santa Rita, Area I), São Paulo and its importance in the restoration and conservation of the Semideciduous Seasonal Forest
Maria Eliana Carvalho Navega-Gonçalves | Vosmarline Graziela Rocha Lima | Valdir Felipe Paulete

The invisible architects: evaluating our understanding of planktonic tunicates in the Atlantic
Arquitetos invisíveis: uma avaliação sobre o conhecimento dos tunicados planctônicos no Atlântico
Ályssa Thayna Pedrosa Cardoso de Araújo | Thaynara Raelly da Costa Silva | Elton Alex Correa da Silva | Xiomara Franchesca García Díaz | Sigrid Neumann Leitão

Publication trends on vocalizations of anurans in Northeastern Brazil
Tendências em publicações sobre vocalizações de anuros no Nordeste do Brasil
Laiana Carla de Moura | Pedro Ivo Simões

Nesting of *Partamona helleri* (Fries, 1900) (Apidae) in an abandoned nest of *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) in Southeastern Brazil
Nidificação de *Partamona helleri* (Fries, 1900) (Apidae) em ninho abandonado da vespa social *Polybia scutellaris* (White, 1841) (Vespidae) no Sudeste do Brasil
Eike Daniel Fölha-Ferreira | Diego Gonçalves dos Santos Renne | Isabel Ribeiro do Valle Teixeira | Diogo Silva Vilela | Marcos Magalhães de Souza

Occupation of *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) nest by *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae)
Ocupação de um ninho de *Chartergellus communis* Richards, 1978 (Vespidae, Polistinae) por *Nasutitermes unduliceps* Mathews, 1977 (Termitidae, Nasutitermitinae)
Marcos Magalhães de Souza | Diego Gonçalves dos Santos Renne | Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim | Gabriel de Castro Jacques

Honeydew of *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) as a food resource for social wasps (Vespidae: Polistinae) in an urban area within the Atlantic Forest-Cerrado ecotone
Honeydew de *Aethalion reticulatum* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) como recurso alimentar para vespas sociais (Vespidae: Polistinae) em área urbana no ecótono entre Mata Atlântica e Cerrado
Glaucio Cássio de Sousa Oliveira | Fernando Gonçalves de Aguiar Crispim | Diogo Silva Vilela | Marcos Magalhães de Souza

Documentation of feeding associations of the Purple Gallinule, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), and the Wattled Jacana, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), with the capybara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitated by its beating behavior
Documentação de associações alimentares do frango-d'água-azul, *Porphyrio martinica* (Aves: Rallidae), e jacanã, *Jacana jacana* (Aves: Jacanidae), com a capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Mammalia: Hydrochaeridae), facilitada pelo seu comportamento de batedor
Fabio Schunck | Estevão Pereira Vicente dos Santos

Ocorrência de *Catharus fuscescens*, sabiazinho-norte-americano (Passeriformes: Turdidae), no sul do estado de Minas Gerais, adendos sobre sua área de invernada no ecótono Brasil
Occurrence of *Catharus fuscescens*, veery (Passeriformes: Turdidae), in the south of the state of Minas Gerais, addendum on its wintering area in ecotono Brazil
Aloysio Souza de Moura | Dunia Lasmar | Felipe Santana Machado | Guilherme Wince de Moura | Dalmo Arantes de Barros | Marco Aurélio Leite Fontes

First record of the Normandia Caecilian *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from Peru
Primeiro registro da cecília-da-normandia, *Caecilia crassisquama* Taylor, 1968 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae), de Peru
Juan C. Cusi Martinez | Francis I. Vargas | Victor J. Vargas | Pedro L. V. Peloso | Adriano O. Maciel

First documented record of interaction between vampire bat, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), and the Greater Naked-tailed Armadillo, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brazil
Primeiro registro documentado de interação entre o morcego-vampiro, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), e o tatu-de-rabo-mole-grande, *Cabassous tatouay* (Desmarest, 1804), Brasil
Randson Modesto Coelho da Paixão | Agnaldo de Sousa Sampaio | João Carlos da Cruz Abraão Filho | Antonio Junio Nonato da Silva | Thomaz de Carvalho Callado | Juan Carlos Vargas-Mena | Carlos Salustio-Gomes

A coleção histórica do Herbário do Museu Paraense Emílio Goeldi: história, vulnerabilidade e conservação
The historical collection of the herbarium of the Museu Paraense Emílio Goeldi: history, vulnerability and conservation
Antônio Elielson Sousa da Rocha | André dos Santos Bragança Gil