

ASPECTOS DA HISTÓRIA NATURAL DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

**Giuliano Buzá Jacobucci
Paulo Eugênio Oliveira
Alan Nilo da Costa**
(Organizadores)

**Giuliano Buzá Jacobucci
Paulo Eugênio Oliveira
Alan Nilo da Costa**
(Organizadores)

ASPECTOS DA HISTÓRIA NATURAL DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

2023

Revisão
Organizadores

Foto da Capa
Rogério Victor S. Gonçalves
João C. F. Cardoso

Diagramação
Adriana Cardoso

Projeto Gráfico
Regência e Arte Editora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(**BENITEZ** Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

A587 Aspectos da história natural da Reserva
1.ed. Ecológica do Panga [livro eletrônico] /
organizadores Giuliano Buzá Jacobucci,
Paulo Eugênio Oliveira, Alan Nilo da
Costa. - 1.ed. - Uberlândia, MG : UFU,
2023.
PDF.

Bibliografia.

ISBN : 978-65-86084-98-6

1. Biodiversidade. 2. Cerrado - Brasil.
3. Fitofisionomia. 4. Fitossociologia.
5. Flora brasileira. I. Jacobucci,
Giuliano Buzá. II. Oliveira, Paulo
Eugênio. III. Costa, Alan Nilo da.

06-2023/125

CDD 580.98151

Índice para catálogo sistemático :

1. Reserva Ecológica do Panga : Biomas : Minas Gerais :
Ecologia 580.98151

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

APRESENTAÇÃO

A Reserva Ecológica do Panga (REP) é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural criada em 1986 quando a Reitoria da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) autorizou a compra de uma área de vegetação natural para pesquisas básicas e para preservação. Desde 2006, a reserva tem sido mantida pela Administração Superior da UFU e a administração compartilhada por várias unidades da UFU.

A reserva possui 403,85 hectares e está situada a cerca de 30 km ao sul do centro de Uberlândia, o município mais populoso da região do Triângulo Mineiro, sendo uma das poucas áreas da região em bom estado de conservação. A REP apresenta grande diversidade de fitofisionomias do Cerrado brasileiro, com predomínio de formações savânicas, incluindo-se cerrado típico, cerrado ralo e cerrado denso. As fitofisionomias campestres são representadas por áreas de campos limpos úmidos e campo sujo e entre as formações florestais são encontradas a mata semidecídua, a mata de galeria e o cerradão.

Em função da incidência de incêndios de diferentes intensidades, a REP passou por mudanças consideráveis em sua cobertura vegetal ao longo das décadas. Desde a década de 80, centenas de trabalhos de pesquisa em diferentes áreas de conhecimento, com foco predominante em biodiversidade, tem sido conduzidos por docentes, graduandos e pós-graduandos da UFU e de outras instituições de ensino e pesquisa do país e do exterior.

Desde 2012, a REP faz parte de um conjunto de 13 fragmentos de Cerrado incorporados ao Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás. A proposta PELD-TMSG tem como principal objetivo descrever e entender os padrões de diversidade de vários grupos de plantas e animais do Cerrado e avaliar como mudanças no uso do solo afetam estes padrões.

Neste livro apresentamos aspectos da história natural de diferentes grupos biológicos que ocorrem na REP, com foco na diversidade biológica, interações e processos ecológicos avaliados em estudos conduzidos por diversos especialistas nos últimos anos.

O livro é composto por doze capítulos. Nos capítulos 1 a 4 são apresentadas informações sobre diferentes grupos de artrópodes. Estudos com vertebrados, incluindo aves e mamíferos de pequeno, médio e grande porte que ocorrem na REP estão nos capítulos 5 a 8. O capítulo 9 aborda interações planta-polinizadores e o capítulo 10 trata do efeito de diferentes fatores no processo decomposição da serrapilheira. Finalmente, os capítulos 11 e 12 abordam temáticas referentes à vegetação da reserva.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Uberlândia – UFU e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade do Instituto de Biologia pelo apoio logístico e suporte para o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

Agradecemos ao CNPq (processo 441142/2020-6) - Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD Triângulo Mineiro) pelo auxílio financeiro para diagramação deste livro.

LISTA DE AUTORES E ORGANIZADORES

Alan Nilo da Costa, Laboratório de Pesquisa em Ecologia e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: alan.costa@ufu.br

Alexandre Gabriel Franchin, consultor ambiental autônomo. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil (professor voluntário).

E-mail: agfranchin@hotmail.com

Ana Cláudia Garcia Barboza, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: pamores2@gmail.com

Ana Luisa de Sousa e Castro Melo, Pós-graduação em Entomologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil. E-mail: analuisa.scmelo@gmail.com

Antonio D. Brescovit, Laboratório de Coleções Zoológicas (LCZ), Instituto Butantan, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: antonio.brescovit@butantan.gov.br

Carlos Henrique Gomes Martins, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: carlos.martins2@ufu.br

Denis Coelho de Oliveira, Laboratório de Anatomia, Desenvolvimento Vegetal e Interações, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: denisoliveira@ufu.br

Diogo Fernandes Santiago, Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: diogofsantiago@gmail.com

Diogo Silva Vilela, Laboratório de Biologia Aquática, Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Assis, SP, Brasil. E-mail: deeogoo@gmail.com

Eduardo França Alteff, analista ambiental autônomo.

E-mail: eduardofalteff@gmail.com

Emilio M. Bruna, Department of Wildlife Ecology and Conservation, University of Florida, Gainesville, Florida, USA; and Center for Latin American Studies, University of Florida, Gainesville, Florida, USA. E-mail: embruna@ufl.edu

Felipe W. de Amorim, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, Brasil. E-mail: felipe.amorim@unesp.br

Flávio Camarota, Departamento de Genética, Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: camarotaflavio@gmail.com

Flávio Roque Camelo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Laboratório de Limnologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. E-mail: froquebio@gmail.com

Giuliano Buzá Jacobucci, Laboratório de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: jacobucci@ufu.br

Heraldo L. Vasconcelos, Laboratório de Ecologia de Insetos Sociais, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: heraldo@ufu.br

Hugo Cardoso de Moura Costa, Instituto Juruá, Manaus, AM, Brasil.

E-mail: hugocmcosta@institutojuruua.org.br

Jamir A. Prado-Junior, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: jamirjunior@yahoo.com.br

João Custódio F. Cardoso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: juaocustodio@hotmail.com

João Pedro Rodrigues Brichta, Laboratório de História Natural e Reprodutiva de Artrópodes, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: joaor.brichta@gmail.com

Kátia Gomes Facure Giaretta, Laboratório de Ecologia Animal, Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: katiafacure@ufu.br

Laura Vivian Barbosa Silva, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: laurabyo@gmail.com

Léo Correia Rocha Filho, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: correiarocha@yahoo.com.br

Lino Abdelnour Zuanon. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: zuanonlino@gmail.com

Letícia Benavalli, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: lebenavalli@gmail.com

Luís Carlos Scalon Cunha, Departamento de Química, Instituto Federal do Triângulo Mineiro. E-mail: luiscunha@iftm.edu.br

Luma Astun Lopes, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: lumaastun@gmail.com

Marina Calixto Cunha, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: marinaccunha@gmail.com

Nagela Bernadelli Sousa Silva, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: nagela_bernadelli.mg@hotmail.com

Natália Mundim Tôrres, Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil; Instituto Onça Pintada, São Paulo, SP, Brasil, E-mail: natalia.torres@ufu.br

Natália O. Leiner, Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.

E-mail: naleiner@gmail.com

Noemi Chagas Conejo, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: *noemichagas10@gmail.com*

Oswaldo Marçal Júnior, professor aposentado, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: *omarcaljr@gmail.com*

Paola Pissetta Raupp, Western Sydney University, Sydney, NSW, Austrália; Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *paolapissettaraupp@gmail.com*

Paulo Eugênio de Oliveira, Laboratório de Morfologia Vegetal, Microscopia e Imagem, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *poliveira@ufu.br*

Pietro Kiyoshi Maruyama Mendonça, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: *pietrokiyoshi@gmail.com*

Rafaella Maciel, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Brasil.
E-mail: *rafaellatmo09@gmail.com*

Raquel L. Carvalho, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Brasil.
E-mail: *raqueluly@gmail.com*

Renata Trevizan, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.
E-mail: *renatattelles@gmail.com*

Rodrigo C. Rossi, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *crossirodrigo@gmail.com*

Rogério Victor S. Gonçalves, University of Wollongong, Wollongong, NSW, Austrália; Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *rogeriovictorsg@gmail.com*

Ruthe Saraiva Leão, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: *rutheemilia@gmail.com*

Solange Cristina Augusto, Laboratório de Ecologia e Comportamento de Abelhas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *solange.augusto@ufu.br*

Thayane Nogueira Araújo, Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil. E-mail: *thayane.n.a@gmail.com*

Vanessa do Nascimento Ramos, Laboratório de Ixodologia, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *vanessamaecientista@gmail.com*

Vanessa Stefani, Laboratório de História Natural e Reprodutiva de Artrópodes, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
E-mail: *vastefani@ufu.br*

Vinícius Lourenço Garcia de Brito, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: *viniciusduartina@ufu.br*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

Odonata da Reserva Ecológica do Panga: diversidade e padrões de variação sazonal e espacial.....10

Giuliano Buzá Jacobucci, Flávio Roque Camelo, Diogo Silva Vilela, Ana Cláudia Garcia Barboza e Marina Calixto Cunha

CAPÍTULO 2

Ecologia e história natural das formigas arborícolas da Reserva Ecológica do Panga.....25

Flávio Camarota e Heraldo L. Vasconcelos

CAPÍTULO 3

Biodiversidade de besouros escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeinae) da Reserva Ecológica do Panga.....39

Raquel L. Carvalho, Lino Abdelnour Zuanon, Rafaella Maciel, Ruthe Saraiva Leão e Heraldo L. Vasconcelos

CAPÍTULO 4

Diversidade de aranhas edáficas encontradas em diferentes usos e manejo do solo no Cerrado.....49

João Pedro Rodrigues Brichta, Antonio D. Brescovit e Vanessa Stefani

CAPÍTULO 5

Diversidade de aves na Reserva Ecológica do Panga.....64

Oswaldo Marçal Júnior, Alexandre Gabriel Franchin e Eduardo França Alteff

CAPÍTULO 6

Efeito do fogo sobre a dinâmica da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores na Reserva Ecológica do Panga.....108

Rodrigo C. Rossi e Natália O. Leiner

CAPÍTULO 7

Relações temporais entre espécies simpátricas e exóticas: o caso dos mamíferos de médio e grande porte da Reserva Ecológica do Panga, MG.....124

Luma Astun Lopes, Leticia Benavalli, Kátia Gomes Facure Giaretta, Hugo Cardoso de Moura Costa e Natália Mundim Tôrres

CAPÍTULO 8

Ecologia alimentar – aspectos gerais e um estudo com pequenos mamíferos não-voadores em áreas de Cerrado.....141

Vanessa do Nascimento Ramos e Kátia Gomes Facure Giaretta

CAPÍTULO 9

Interação plantas-polinizadores na Reserva Ecológica do Panga.....161

Paulo Eugênio Oliveira, Vinícius L.G. Brito, Felipe W. Amorim, Pietro K. Maruyama, João C.F. Cardoso e Renata Trevizan

CAPÍTULO 10

Decomposição da serapilheira em vegetação de Cerrado: Efeito da herbivoria por saúvas, deposição de nitrogênio e quantidade de serapilheira.....178

Laura Vivian Barbosa Silva, Heraldo L. Vasconcelos, Diogo Fernandes Santiago e Emilio M. Bruna

CAPÍTULO 11

Dinâmica de vegetação e caracterização das fitofisionomias da Reserva Ecológica do Panga.....190

Rogério Victor S. Gonçalves, Paola Pisetta Raupp, João Custódio F. Cardoso e Denis Coelho de Oliveira

CAPÍTULO 12

Plantas medicinais na Reserva Ecológica do Panga e seus visitantes florais.....200

Nagela Bernadelli Sousa Silva, Noemi Chagas Conejo, Ana Luisa de Sousa e Castro Melo, Thayane Nogueira Araújo, Léo Correia Rocha Filho, Luís Carlos Scalon Cunha, Solange Cristina Augusto e Carlos Henrique Gomes Martins

CAPÍTULO 1

ODONATA DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA: DIVERSIDADE E PADRÕES DE VARIAÇÃO SAZONAL E ESPACIAL

Giuliano Buzá Jacobucci
Flávio Roque Camelo
Diogo Silva Vilela
Ana Cláudia Garcia Barboza
Marina Calixto Cunha

Características gerais e diversidade de Odonata

A ordem Odonata abrange insetos popularmente conhecidos por libélulas e donzelinhas (ou agriões). São organismos hemimetábolos com fases de ovo, larva aquática e adultos terrestres. Existem também registros de espécies em que os estágios finais das larvas podem ser terrestres^{1,2}. O ciclo de vida larval é relativamente longo em relação a outros insetos, podendo chegar a cerca de dois anos, enquanto adultos vivem por apenas algumas semanas³.

Os Odonata são divididos em três subordens: Anisoptera (libélula), Anisozygoptera e Zygoptera (donzelinha). As subordens Anisoptera e Zygoptera, podem ser facilmente identificadas devido às características morfológicas e ao padrão de coloração⁴. Zygoptera são usualmente menores (com raras exceções), mais esguios, possuem olhos largamente separados, localizados nas laterais da cabeça e a maioria dos adultos mantém suas asas juntas e voltadas para trás quando se encontram em repouso^{3,5} (Fig. 1a). Os representantes de Anisoptera são, em geral, maiores, mais robustos, seus grandes olhos se encontram na porção medial da cabeça e a maioria dos adultos, quando em repouso, mantém as asas abertas⁵ (Fig. 1b).

As larvas de Odonata constituem um dos grupos mais notáveis de insetos aquáticos que compõem as comunidades bentônicas de ambientes aquáticos continentais (Figura 1)⁶, incluindo rios, ribeirões, córregos, lagos, corredeiras, poças temporárias, brejos e até cavidades de plantas que acumulam água³. Algumas espécies podem suportar algum grau de salinidade ocupando ambientes como estuários^{3,7}.

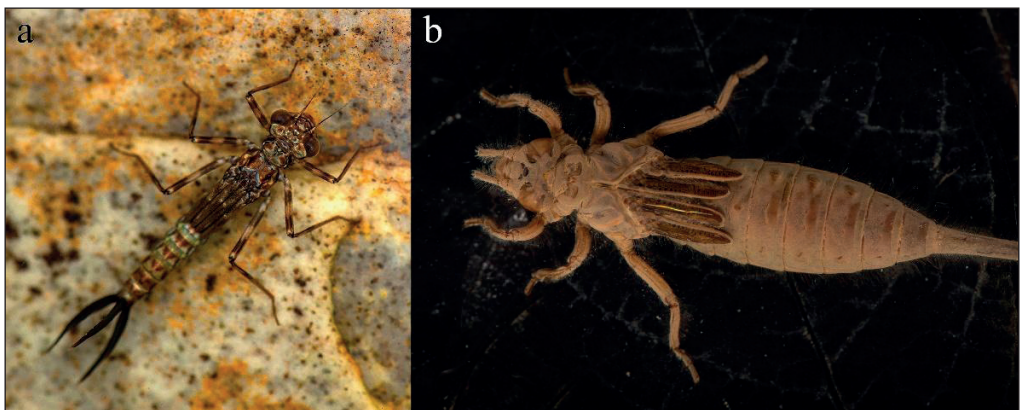


Figura 1. Larvas de Odonata das subordens Zygoptera (a) e Anisoptera (b) (Foto: Frederico Falcão Salles).

As larvas são predadoras, capturam as presas com o lábio preênsil em forma de gancho, que funciona como uma dobradiça (Fig. 2a), consumindo diferentes grupos de invertebrados aquáticos e até pequenos peixes, assim como são predadas por peixes maiores³.

Logo após a fase de larva, o adulto de Odonata passa por um processo de maturação sexual, que varia de cinco dias a dois meses. Os adultos maduros são ativos durante o dia e podem formar sítios de encontro sexual ou ‘leks’ e defender territórios individuais³. O acasalamento ocorre após o macho agarrar o protórax (Zygoptera) ou a cabeça (Anisoptera) da fêmea dorsalmente e a conduzir à cópula^{3, 8} (Figura 2b).

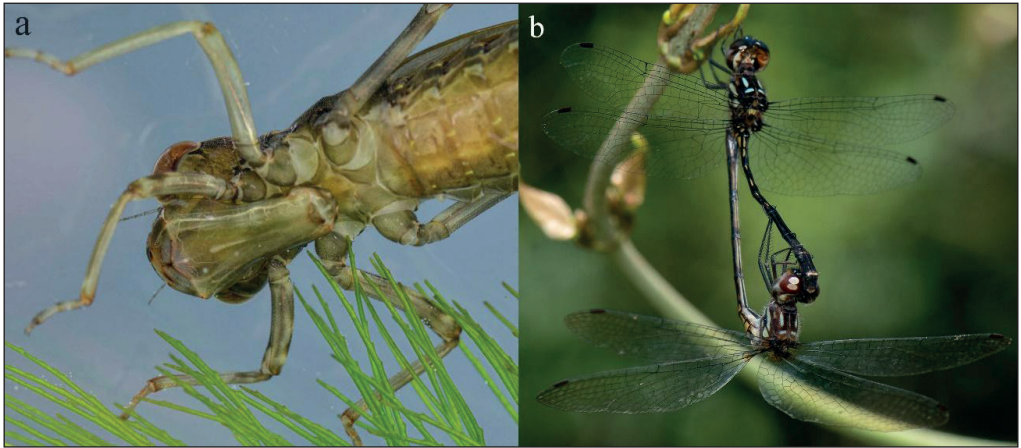


Figura 2. Larva e adultos de Anisoptera. (a) Larva em vista ventral, evidenciando o lábio preênsil; (b) cópula do gênero *Macrothemis* (Fotos: Frederico Falcão Salles).

Em algumas espécies existe ainda uma corte pré-cópula, onde machos exibem estruturas chamativas como asas coloridas para as fêmeas, e a cópula somente se inicia após a fêmea aceitar o cortejo^{9,10}. Apesar do dimorfismo sexual quanto à região genital (Fig. 3), os machos apresentam padrão de coloração semelhante ao das fêmeas, o que os auxilia a maturar sem que ocorram interações agressivas com outros machos^{3,11}.

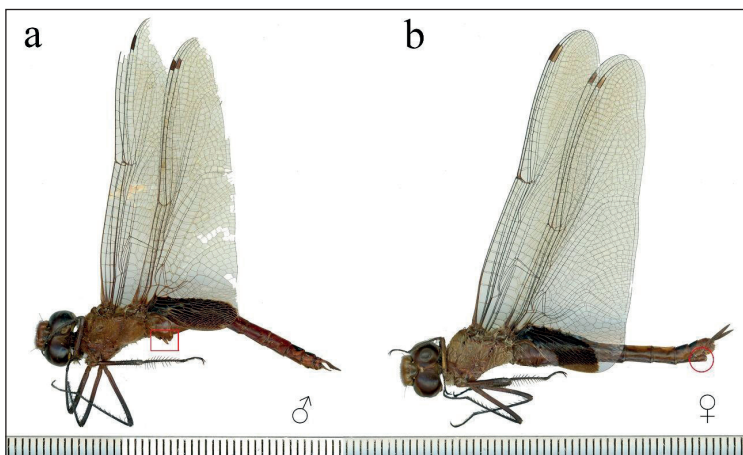


Figura 3. Aspecto geral do dimorfismo sexual em Odonata (destaques em vermelho): (a) estruturas genitais no segundo segmento de um macho; (b) ovipositor de uma fêmea.

Atualmente, são reconhecidas cerca de 6300 espécies de Odonata no mundo, com estimativa de aproximadamente 1500 espécies ainda não descritas¹². Anisoptera, exclusivamente asiática, é conhecida principalmente por fósseis jurássicos, com apenas três espécies atuais pertencentes à família Epiophlebiidae. Anisoptera apresenta 11 famílias e Zygoptera 34 famílias¹³. Na região Neotropical encontra-se a segunda maior diversidade de Anisoptera e Zygoptera com 186 gêneros e 1765 espécies, agrupadas em 20 famílias^{14,15}. Anisoptera compreende quatro famílias (Aeshnidae, Gomphidae, Cordulidae e Libellulidae) e Zygoptera compreende 11 famílias (Platystictidae, Calopterygidae, Dicteriadidae, Rimanellidae, Polythoridae, Megapodagrionidae, Heteragrionidae, Philogeniidae, Lestidae, Perilestidae e Coenagrionidae).

No território brasileiro há registradas cerca de 760 espécies^{12,14} pertencentes a 15 famílias de Odonata. A maioria dos estudos sobre essa ordem foi realizada com indivíduos adultos, sendo que dos Anisoptera que ocorrem no Brasil, somente cerca de 40% das espécies têm as larvas conhecidas e para Zygoptera, apenas 20% possuem suas larvas descritas^{14,16}. Além disso, a distribuição da ordem Odonata no Brasil ainda é uma parte do conhecimento que está em construção, com algumas regiões ainda pouco amostradas. Em um levantamento sobre a distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil¹⁷, foi relatado que apenas 29% do território brasileiro apresenta dados sobre a riqueza de Odonata. Embora nos últimos 16 anos tenha ocorrido um incremento nas pesquisas sobre a ordem, principalmente em regiões consideradas pouco estudadas¹⁸⁻²¹, a maioria dos estudos está concentrada no centro-sul do Brasil^{16, 22-24}.

Para o estado de Minas Gerais, a lista de espécies tem crescido consideravelmente nos últimos anos, em função de novos registros realizados em diferentes regiões. O estado já conta com 328 espécies registradas, sendo o segundo do Brasil com maior número de registros^{25,28}. No Triângulo Mineiro, localizado no oeste do estado, estudos recentes apontaram elevada diversidade de espécies de Odonata em diferentes fitofisionomias do Cerrado, bioma característico da região²⁵.

Ecologia e Conservação

A distribuição das larvas de Odonata e de outros invertebrados aquáticos está estritamente relacionada ao tipo de substrato dos ecossistemas aquáticos em que ocorrem²⁹. Como o tipo de substrato, particularmente em ambientes lóticos, pode variar muito, temporal e espacialmente, principalmente no que se refere à sua estrutura física, composição orgânica, estabilidade e heterogeneidade, as comunidades de invertebrados, incluindo as larvas de Odonata, também podem apresentar variações consideráveis³⁰. Essa relação com o substrato depende das adaptações morfológicas das espécies relacionadas à respiração, alimentação e abrigo contra predadores³¹. Outros fatores como pH, oxigênio dissolvido, temperatura e velocidade da água também podem influenciar a distribuição das larvas e alterar a abundância relativa de espécies tolerantes e intolerantes^{3,20}. Alterações na pressão de predação por peixes podem reduzir a sobrevivência larval^{32,33} e modificar a composição das assembleias de Odonata³⁴.

Mudanças da cobertura vegetal associada aos ambientes aquáticos também podem alterar a diversidade local de Odonata, tanto pela influência na temperatura, que pode variar em função do sombreamento devido ao dossel ou pelas clareiras, como pela modificação na disponibilidade de substratos, que por sua vez repercute na eficiência de

forrageamento e na fuga de predadores^{3,30}. Por influenciarem as assembleias de larvas, as modificações nas características ambientais dos ecossistemas aquáticos acabam interferindo diretamente na fase adulta.

Modificações no ambiente terrestre adjacente aos corpos hídricos também influenciam os adultos, já que podem alterar a disponibilidade de recursos alimentares e habitats para repouso^{30,35}. Em função de sua susceptibilidade a modificações ambientais, a fauna de Odonata de uma localidade pode refletir o efeito antrópico a que o ambiente está sujeito, sendo esses organismos bons indicadores da integridade ecológica de ambientes aquáticos e de ambientes terrestres do entorno^{30,36,37}. Geralmente, espécies de libélulas são mais generalistas por possuírem menos requerimentos, ligadas às áreas mais abertas e muitas vezes impactadas, enquanto as donzelinhas são mais especializadas, relacionadas aos ecossistemas aquáticos florestados (com dossel) e preservados^{3,38}.

De modo geral, todos os fatores descritos acima podem ser fortemente influenciados pela sazonalidade, principalmente em regiões tropicais onde há maior variabilidade climática. No bioma Cerrado, por exemplo, há menor precipitação anual e estações de seca e chuva mais pronunciadas, gerando mudanças nas características físicas e químicas da água, substrato e matéria orgânica disponível, assim como na estrutura dos habitats (largura, profundidade e velocidade da corrente)³⁹. Assim, a variação na precipitação pode influenciar a heterogeneidade, aumentando, diminuindo ou criando combinações de habitats e conseqüentemente modificando a abundância³⁹, riqueza e/ou composição das principais subordens de Odonata⁴⁰. Além disso, os períodos de seca e chuva geralmente estão associados a baixas ou altas temperaturas, respectivamente, afetando diretamente as condições individuais, no que diz respeito às chances de sobrevivência e expectativa de vida³⁹.

Uma das várias dificuldades para conservação da biodiversidade, especialmente em regiões tropicais, é a falta de informações que permitam o estabelecimento de prioridades e a concentração de esforços em ações práticas, as ditas lacunas Lineanas, que tratam da escassez de dados sobre taxonomia e sistemática e lacunas Wallaceanas, que tratam dos déficits sobre distribuição geográfica⁴¹. Essa falta de informações advém da ausência de inventários de fauna em muitas áreas, o que limita o conhecimento da distribuição e abundância de espécies¹⁹. Sem essas informações, muitos dos instrumentos utilizados para a conservação de espécies, como listas de espécies ameaçadas e a definição de áreas prioritárias para conservação, se tornam pouco efetivos ou questionáveis¹⁷.

No caso dos Odonata e para a fauna aquática, de modo geral, a destruição de habitats é considerada o fator mais importante para explicar a redução da diversidade^{12,42}. Nos países em desenvolvimento essa situação é particularmente preocupante, pois o ritmo da destruição de áreas naturais é acelerado, os recursos para pesquisa e conservação são escassos e há relativamente poucos especialistas^{43,44}.

O último levantamento publicado da fauna brasileira ameaçada de extinção apontava 18 espécies de Odonata sob ameaça (criticamente em perigo, em perigo e vulnerável) dentre as 754 avaliadas⁴⁵. Dentre as espécies ameaçadas, cinco têm registros em Minas Gerais. Uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade é o estabelecimento de unidades de conservação. No Brasil, muitas dessas áreas também protegem corpos d'água e importantes áreas alagáveis, porém suas faunas terrestres e aquáticas têm sido pouco estudadas ou mesmo inventariadas⁴⁶.

Diversidade e variação sazonal e espacial de larvas e de adultos de Odonata na Reserva Ecológica do Panga

Neste trabalho apresentamos uma lista da riqueza de gêneros (de larvas) e de espécies (adultos) distribuídas em diferentes ambientes aquáticos na Reserva Ecológica do Panga. Foram realizadas coletas em uma lagoa, em um dos córregos da reserva e no ribeirão Panga, curso d'água que delimita a reserva ao norte (Fig. 4).

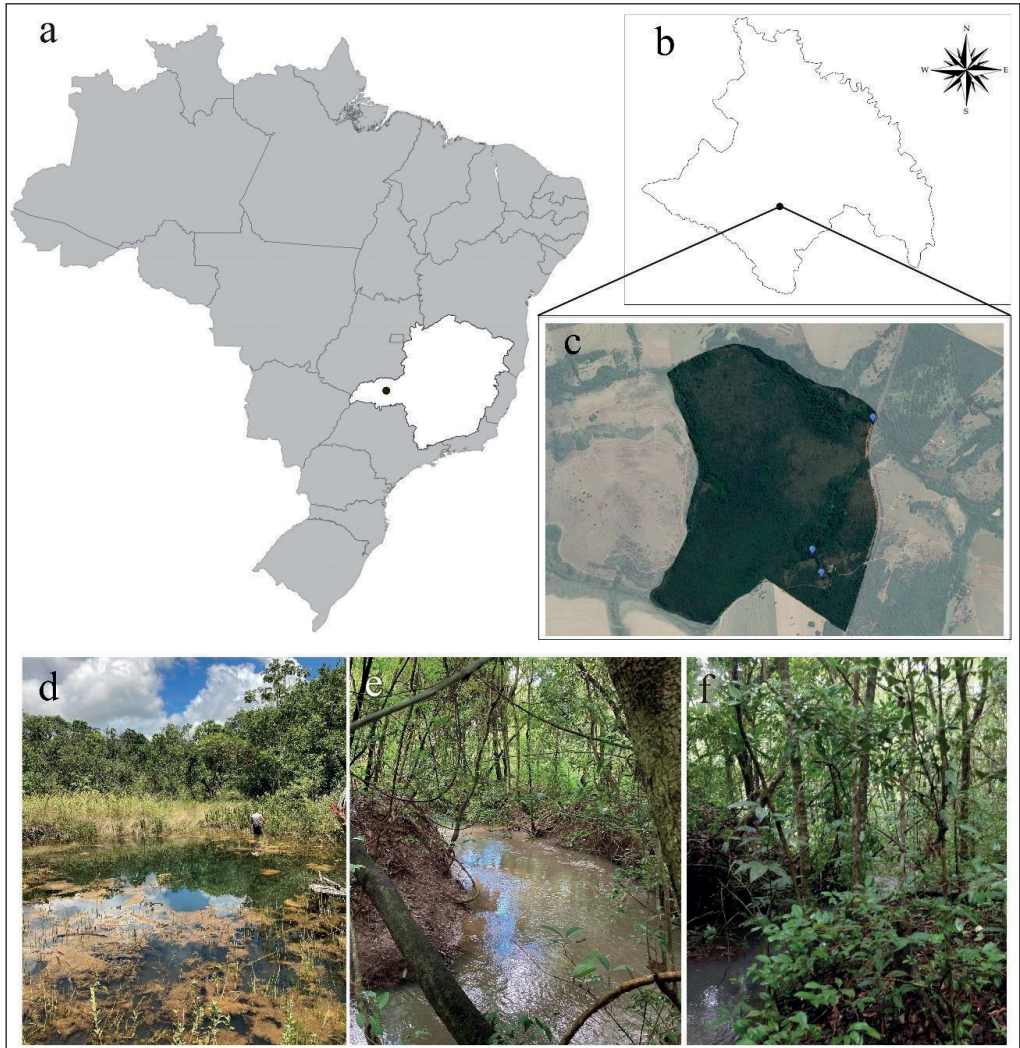


Figura 4. (a) Localização da área de estudo no estado de Minas Gerais; (b) Município de Uberlândia; (c) Localização da Reserva Ecológica do Panga e dos habitats amostrados (pontos em azul); Imagens dos três habitats amostrados: (d) lagoa; (e) ribeirão do Panga e (f) córrego.

As coletas de larvas foram realizadas entre 2009 e 2017, com amostragens bianuais (2009 e 2011; 2015 e 2017) e anuais (2012 e 2013), em dois períodos (de seca, entre abril e setembro, e de chuva, entre outubro e março). As coletas dos adultos se deram no ano de 2009, apenas na seca. Na coleta das larvas, para cada uma das áreas de coleta, foi estabelecido um segmento longitudinal amostral de 25 metros. O segmento

foi dividido em cinco trechos de tamanhos iguais, com coleta de uma subamostra por trecho. Para a lagoa, foi determinada uma largura de dois metros a partir da margem para cada trecho amostrado, correspondendo à largura média dos ambientes lóticos.

Em cada trecho do segmento foi utilizado uma rede manual tipo “D” (abertura de 30 cm, malha de 0,25 mm e área de 0,09 m²) para coleta das amostras. Cada subamostra foi acondicionada em sacos plásticos etiquetados e transportada ao laboratório para processamento. O material recolhido foi fixado em álcool 70% e triado em placas de Petri, utilizando um estereomicroscópio. As larvas encontradas foram identificadas ao nível de gênero, utilizando-se chaves específicas^{31,47}.

Os trechos foram avaliados quanto à movimentação da água (lêntico ou lótico), tipo de vegetação marginal e exposição ao sol. Para caracterizar os ambientes aquáticos, no início de cada amostragem das larvas, foram realizadas medições de pH e temperatura da água, com medidor digital portátil (U-50 Horiba). Também foram avaliados os substratos presentes no leito dos ambientes aquáticos (areia, lodo, cascalho, pedra, folhizo de remanso, folhizo de correnteza, macrófitas e raízes), categorizando-se cada um como predominante ou secundário⁴⁸.

Para a coleta de adultos foi utilizada rede entomológica com coleta ativa ao longo dos corpos d’água estudados para a coleta dos imaturos. Foram feitas varreduras de cerca de 30 minutos, tanto na parte da manhã quanto na parte da tarde. Os indivíduos coletados foram colocados em câmara fria e posteriormente fixados e colocados em sacos plásticos para a preservação.

Foi realizado um *checklist* da riqueza de gêneros (para larvas) e de espécies (para adultos) por tipo de habitat (lagoa, córrego e ribeirão) e período do ano (seca e chuva para larvas; apenas seca para adultos). Além disso, foi quantificada a abundância de Odonata encontrada em cada um desses ambientes e períodos. Para elucidar se haveria um agrupamento dos gêneros (de larvas) por tipo habitat e período do ano, foi utilizada uma Análise de Agrupamento (Dendograma), baseada na similaridade de Jaccard e no método de ligação average. A similaridade de Jaccard foi escolhida por ser mais adequada para dados biológicos de presença e ausência (binários) e o método de ligação average por apresentar um bom coeficiente cofenético (> 0,8), todos relacionados ao melhor poder explicativo ecológico.

No total foram coletadas 284 larvas pertencentes a nove famílias e 31 gêneros. A subordem Anisoptera representou 66,55% (cinco famílias e 24 gêneros) do total de indivíduos coletados e Zygoptera 33,45% (quatro famílias e sete gêneros). As famílias Libellulidae (31,69%) e Gomphidae (21,13%) reuniram mais de 50% da abundância total de larvas, enquanto Protoneuridae (0,35%) foi a família com menos registros. Os gêneros *Perithemis* (9,15%), *Oxyagrion* (8,45%), *Mnsarete* (7,75%) e *Hetaerina* (6,34%), reuniram mais de 30% da abundância total (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância de larvas de Odonata por tipo de ambiente e período do ano, na Reserva Ecológica do Panga entre 2009 e 2017.

Subordem Família Gênero	chuva				seca				Total Geral
	Córrego	Lagoa	Ribeirão	Total	Córrego	Lagoa	Ribeirão	Total	
	Anisoptera	15	14	32	61	50	50	28	
Aeshnidae	4	2		6	6	5		11	17
<i>Castoraeschna</i>	4	2		6	5	3		8	14
<i>Coryphaeschna</i>					1	1		2	2
<i>Neuraeschna</i>						1		1	1
Corduliidae	5		3	8	14			14	22
<i>Navicordulia</i>			1	1					1
<i>Neocordulia</i>	5		2	7	14			14	21
Gomphidae	6		18	24	18		18	36	60
<i>Aphylla</i>			1	1			2	2	3
<i>Phyllocycla</i>			7	7			7	7	14
<i>Phyllogomphoid</i>			2	2			3	3	5
<i>Progomphus</i>	2		8	10	6		6	12	22
<i>Zonophora</i>	4			4	12			12	16
Libellulidae		12	11	23	12	45	10	67	90
<i>Brechmorhoga</i>						5		5	5
<i>Elasmothermis</i>					2			2	2
<i>Erythemis</i>		1		1		2		2	3
<i>Erythrodiplax</i>		1		1	3	9		12	13
<i>Macrothemis</i>					7			7	7
<i>Micrathyria</i>		3		3		11		11	14
<i>Perithemis</i>		2	11	13		3	10	13	26
<i>Tauriphila</i>		5		5		13		13	18
<i>Tramea</i>						1		1	1
<i>Zenithoptera</i>						1		1	1
Zygoptera	24	2	17	43	23	20	9	52	95
Calopterygidae	13		11	24	10		6	16	40
<i>Hetaerina</i>			10	10	2		6	8	18
<i>Mnesarete</i>	13		1	14	8			8	22
Coenagrionidae	6	2	6	14	7	20	3	30	44
<i>Argia</i>	5		6	11	3		3	6	17
<i>Oxyagrion</i>	1	1		2	4	18		22	24
<i>Telebasis</i>		1		1		2		2	3
Dicteriadidae	4			4	6			6	10
<i>Heliocharis</i>	4			4	6			6	10
Protoneuridae	1			1					1
<i>Epipleoneura</i>	1			1					1
Total Geral	39	16	49	104	73	70	37	180	284

Foi observada maior similaridade na composição de gêneros entre os grupos: (1 e 2) lagoa, chuva e seca; (3 e 4) córrego, chuva e seca e (5 e 6) ribeirão do Panga, chuva e seca e (Figura 5).

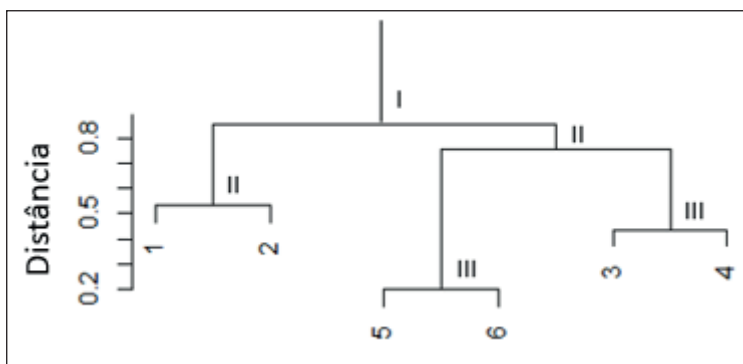


Figura 5. Dendrograma com base na similaridade de gêneros de larvas distribuídas conforme tipos de habitats e período do ano, agrupadas em três níveis (I, II e III) e seis grupos (1 a 6). Grupos (1 e 2) representam lagoa, na chuva e seca, respectivamente; (3 e 4) córrego, na chuva e seca, respectivamente e (5 e 6) ribeirão do Panga, na chuva e seca, respectivamente.

Os agrupamentos ocorreram, principalmente, em função do tipo de ambiente e dos períodos de coleta. Por exemplo, os gêneros *Brechmorhoga*, *Micrathyria* e *Tauriphila* só foram encontrados na lagoa (lêntico); *Heliocharis* e *Zonophora* com presença restrita ao córrego, enquanto *Erythrodiplax*, *Oxyagrion*, na lagoa e no córrego, todos presentes na seca. Por outro lado, *Phylocycla* ocorreu somente no ribeirão; *Perithemis*, em lagoa e ribeirão; *Argia*, *Hetaerina*, *Neocordulia* e *Progomphus* em córrego e ribeirão; quase todos presentes no período chuvoso, com exceção de *Neocordulia* (Tabela 1).

Mais de 60% da abundância e riqueza de larvas de Anisoptera (Libellulidae e Gomphidae) amostradas foram observadas no córrego, durante a seca. Larvas de Anisoptera e Zygoptera possuem diferentes requisitos ambientais (devido as diferenças ecofisiológicas) e, geralmente, Anisoptera está mais associada a córregos com maior intensidade luminosa, enquanto Zygoptera a córregos mais florestados, sombreados e baixa temperatura. Apesar da vegetação ripária do córrego do Panga possuir espécies vegetais perenes, é possível que essa fitofisionomia apresente perda foliar durante o período mais seco do ano em resposta ao estresse hídrico e conseqüentemente menor cobertura de dossel e maior temperatura. Isso, poderia ajudar a explicar essa inversão no padrão de preferências das larvas uma vez que são mais susceptíveis às variações ambientais locais (possuem capacidade reduzida de dispersão) e o córrego se encontra em uma área protegida, sem distúrbios antropogênicos³⁰.

Com relação aos adultos foram 36 indivíduos coletados e distribuídos em três famílias, 10 gêneros e 15 espécies confirmadas e duas não identificadas. Desses indivíduos, a subordem Anisoptera contemplou 27,78% (em uma única família, quatro gêneros e seis espécies) e Zygoptera, 72,22% (duas famílias, seis gêneros e nove espécies confirmadas e duas não identificadas) (Tabela 2; Figura 6). No geral, das três famílias, duas (Coenagrionidae e Libellulidae) reuniram quase 80% da abundância total. As espécies mais abundantes foram *Hetaerina rosea* (19,44%), *Argia mollis* (16,67%) e *Erythrodiplax fusca* (11,11%).

Tabela 2. Abundância de adultos de Odonata por táxon e tipo de habitat na estação seca, coletados na Reserva Ecológica do Panga em 2009, Uberlândia, MG.

Táxons	Lagoa	Riacho	Ribeirão	Total Geral
Anisoptera	10			10
Libellulidae	10			10
<i>Erythrodiplax</i>	7			7
<i>Erythrodiplax fusca</i> Rambur, 1842	4			4
<i>Erythrodiplax juliana</i> Ris, 1911	2			2
<i>Erythrodiplax</i> sp.	1			1
<i>Micrathyria</i>	1			1
<i>Micrathyria</i> sp.	1			1
<i>Tramea</i>	1			1
<i>Tramea binotata</i> Rambur, 1842	1			1
<i>Uracis</i>	1			1
<i>Uracis imbuta</i> Burmeister, 1839	1			1
Zygoptera	16	2	8	26
Calopterygidae		1	7	8
<i>Hetaerina</i>			7	7
<i>Hetaerina rosea</i> Selys, 1853			7	7
<i>Mnesarete</i>		1		1
<i>Mnesarete guttifera</i> Selys, 1873		1		1
Coenagrionidae	16	1	1	18
<i>Acanthagrion</i>	6			6
<i>Acanthagrion lancea</i> Selys, 1876	2			2
<i>Acanthagrion</i> sp.	1			1
<i>Acanthagrion truncatum</i> Selys, 1876	3			3
<i>Argia</i>	7		1	8
<i>Argia modesta</i> Selys, 1865	1			1
<i>Argia mollis</i> Hagen in Selys, 1865	6			6
<i>Argia reclusa</i> Hagen in Selys, 1865			1	1
<i>Oxyagrion</i>	1	1		2
<i>Oxyagrion basale</i> Selys, 1876		1		1
<i>Oxyagrion</i> sp.	1			1
<i>Telebasis</i>	2			2
<i>Telebasis carmesina</i> Calvert, 1909	2			2
Total Geral	26	2	8	36
Riqueza de espécies	14	2	2	18
Riqueza de gêneros	8	2	2	12
Riqueza de famílias	2	2	2	6

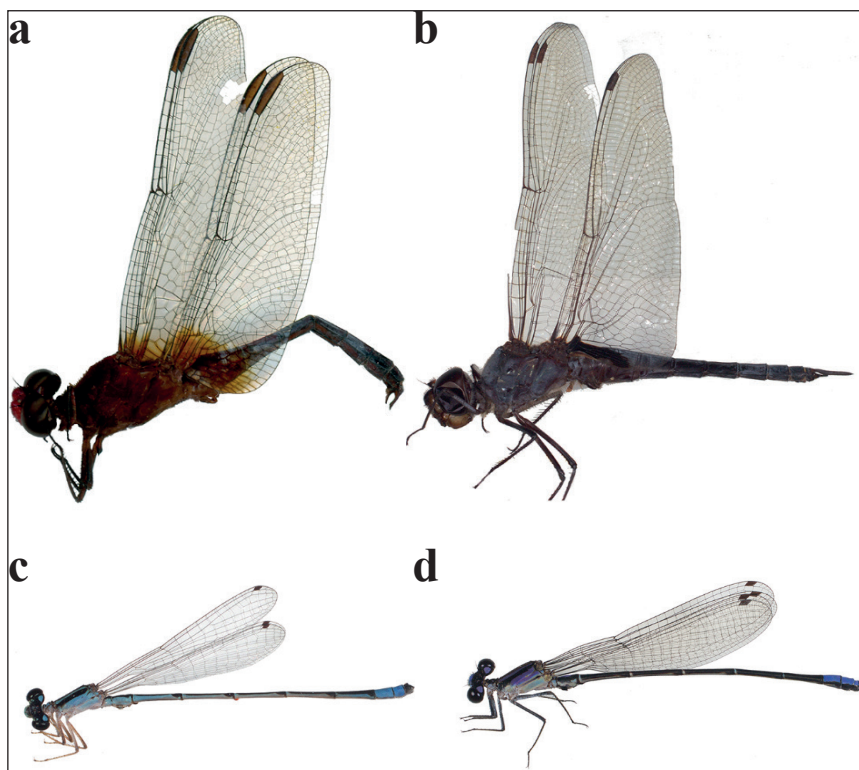


Figura 6. Ilustração de alguns adultos (prancha). (a) *Erythrodiplax fusca*; (b) *Tramea binotata*; (c) *Acanthagrion truncatum*; e (d) *Argia reclusa* (Fotos: Diogo Silva Vilela)

Todas as espécies de libélulas tiveram registros apenas na lagoa, enquanto espécies de donzelinhas foram encontradas habitando lagoa, córrego e ribeirão. Dessas, a família Calopterygidae teve presença restrita ao córrego e ribeirão e Coenagrionidae aos três ambientes.

Para a subordem Zygoptera, as famílias Coenagrionidae e Calopterygidae foram as mais representativas. A alta riqueza de gêneros de Zygoptera pode ser explicada por duas características principais. Em ambientes lóticos, Zygoptera é um grupo de insetos que normalmente estão associados a locais com vegetação ribeirinha conservada devido às necessidades biológicas mais específicas³. Possuem um menor tamanho corporal e a temperatura do corpo varia com a do ambiente. Por isso, devido às suas restrições ecofisiológicas ficariam mais associadas a ambientes florestados³. Em ambientes lânticos a presença de vegetação aquática aumenta a complexidade dos ambientes e isso pode ser um dos fatores preponderantes para o sucesso das larvas desse táxon e beneficiando-as, uma vez que, em sua maioria apresentam comportamento escalador e agarrador com ontogenia associada à vegetação^{3,49}. Isso pode significar que a lagoa do Panga tanto pode conservar uma gama de generalistas (Anisoptera) como alguns especialistas (Zygoptera).

A grande representatividade da família Libellulidae, já registrada em outros trabalhos^{17,18,20,21}, provavelmente está relacionada ao fato de ser a maior existente entre os Odonata⁵⁰. A elevada luminosidade também favorece esta família, pois para iniciarem suas atividades, a subordem Anisoptera necessita da incidência da radiação

solar em seus corpos para aquecer⁵¹. Alguns estudos ressaltam a importância da sombra e do sol na seleção de hábitat de Odonata em corpos d'água⁵². A família Gomphidae, também bastante representada, apresenta preferência por corpos de água com vegetação marginal arbórea e substrato arenoso, o que é característico para o Ribeirão do Panga e alguns trechos do córrego que alimenta esse corpo d'água. O substrato continha diferentes tipos granulométricos de substrato arenoso nos pontos de coleta.

As macrófitas aquáticas provavelmente tiveram um importante papel na estrutura das comunidades da lagoa. É bastante conhecida a influência dessa vegetação sobre os macroinvertebrados⁵³ e principalmente sobre os Odonata, pois algumas famílias possuem oviposição endofítica, ou seja, os adultos depositam seus ovos dentro das macrófitas^{54,55}. Gêneros como *Erythemis*, *Erythrodiplax*, *Tauriphila*, *Micrathyria*, *Neuraeshna*, *Castoraeshna*, *Telebasis* e *Oxyagrion*, têm preferência por macrófitas³⁵ e eles estiveram representados na fauna de Odonata amostrada na lagoa da Reserva Ecológica do Panga, que possui grande quantidade de macrófitas e raízes submersas. As comunidades de larvas de Odonata investigadas apresentaram padrões de ocorrência semelhantes a trabalhos anteriores realizados em outras localidades, tanto em relação à variação sazonal quanto à distribuição ecológica dos gêneros.

Embora agrupamentos supra-específicos não obrigatoriamente correspondam a grupos funcionais em termos de ocupação e exploração do ambiente, no caso das larvas de Odonata a generalização de tais informações em nível de gênero parece pertinente. Esse procedimento se adequa especialmente ao estudo de faunas regionais que, em geral, têm poucos representantes de cada gênero e pela dificuldade na captura e identificação de imaturos em fase final de desenvolvimento para identificação em nível de espécie.

É necessário maior esforço de coleta de larvas nos ambientes investigados, visto que registramos gêneros não coletados na fase imatura presentes na coleta de adultos. Considerando a grande variedade de ambientes aquáticos da Reserva Ecológica do Panga e a elevada diversidade de imaturos de Odonata registrados nessa reserva, reforça-se a importância dessa unidade de conservação para a manutenção da biodiversidade regional desse grupo de insetos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Bolsas Institucional de Iniciação Científica - PBIIC – FAPEMIG/UFU pela concessão da bolsa de iniciação científica a F. L. Camelo (B-026/2009).

Referências Bibliográficas

- ¹ Souza, L. O. I; Costa, J. M. Inventário da Odonatofauna no Complexo Aporé-Sucuriú. *Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú. Subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado* 81–88 (2006).
- ² Westfall Jr, M. J. *Order Odonata. Immature Insects. Kendall/Hunt, Dubuque* (1987).
- ³ Corbet, P. *Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata.* (1999).

- ⁴ De Marco, P., Batista, J. D. & Cabette, H. S. R. Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. *PLoS One* **10**, e0123023 (2015).
- ⁵ Silsby, J. Dragonflies of the world. CSIRO Publishing, Melbourne (2001).
- ⁶ Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. Trophic relationships of macroinvertebrates. in *Methods in Stream Ecology* vol. 1 413–433 (Elsevier Inc., 2017).
- ⁷ Dunson, W. A. Adaptations of nymphs of a marine dragonfly, *Erythrodiplax berenice*, to wide variations in salinity. *Physiol. Zool.* **53**, 445–452 (1980).
- ⁸ Pessacq, P. Dragonfly Genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera. *Rev. Chil. Hist. Nat.* **81**, 151–152 (2008).
- ⁹ Sanmartín-Villar, I. & Cordero-Rivera, A. Female colour polymorphism and unique reproductive behaviour in polythore damselflies (Zygoptera: Polythoridae). *Neotrop. Entomol.* **45**, 658–664 (2016).
- ¹⁰ Guillermo-Ferreira, R., Bispo, P. C., Appel, E., Kovalev, A. & Gorb, S. N. Structural coloration predicts the outcome of male contests in the Amazonian damselfly *Chalcopteryx scintillans* (Odonata: Polythoridae). *Arthropod Struct. Dev.* **53**, 100884 (2019).
- ¹¹ Guillermo-Ferreira, R. & Bispo, P. C. Male and female interactions during courtship of the Neotropical damselfly *Mnesarete pudica* (Odonata: Calopterygidae). *Acta Ethol.* **15**, 173–178 (2012).
- ¹² Paulson, D. List of the Odonata of South America, by country. *Slater Museum of Natural History, University of Puget Sound, Tacoma, Washington* (2012).
- ¹³ Bybee, S. M. *et al.* Phylogeny and classification of Odonata using targeted genomics. *Mol. Phylogenet. Evol.* **160**, 107115 (2021).
- ¹⁴ Garrison, R. W. & Louton, J. A., Damselfly genera of the New World: An illustrated and annotated key to the Zygoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 528p (2010).
- ¹⁵ Garrison, R. W. & Louton, J. A. Dragonfly genera of the New World: An illustrated and annotated key to the Anisoptera. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 384p (2006).
- ¹⁶ Costa, J. M.; Machado, A. B. M; Lencioni, F. A.; Santos, T. C. Diversidade e distribuição dos Odonata (Insecta) no estado de São Paulo, Brasil: Parte I-Lista das espécies e registros bibliográficos. *Publicações Avulsas do Mus. Nac.* **80**, 1–27 (2000).
- ¹⁷ De Marco, P. & Vianna, D. M. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil - Subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* **6**, 13–26 (2005).
- ¹⁸ Nobre, C. E. & Lago Carvalho, A. Odonata of Itatira, a Brazilian semi-arid area in the state of Ceará. *Int. J. Odonatol.* **17**, 73–80 (2014).
- ¹⁹ Bastos, R. C. *et al.* Odonata of the state of Maranhão, Brazil: Wallacean shortfall and priority areas for faunistic inventories. *Biota Neotrop.* **19**, (2019).

- ²⁰ Santos, J. C. *et al.* A rapid survey of dragonflies and damselflies (Insecta : Odonata) reveals 29 new records to Sergipe State , Brazil. *Heteriana* **2**, 29–34 (2020).
- ²¹ Koroiva, R., Pereira-Colavite, A., Batista, F. R. da C. & Vilela, D. S. Checklist and contribution to the knowledge of the odonatofauna of Paraíba state, Brazil. *Biota Neotrop.* **21** (2021).
- ²² Costa, J. M. & Oldrini, B. B. Diversidade e distribuição dos Odonata (Insecta) no estado do Espírito Santo, Brasil. *Publicações Avulsas do Mus. Nac.* **107**, 1–15 (2005).
- ²³ Bedê, L. C., Machado, A. B. M., Piper, W., de Souza, M. M. & Souza, M. M. De. Odonata of the Serra de São José – Brazil’s first Wildlife Reserve aimed at the conservation of dragonflies. *Not. Odonatol.* **8**, 117–155 (2015).
- ²⁴ Cohen, R. R. H. *et al.* Ecological assessment of a southeastern Brazil reservoir. *Hydrobiologia* **15**, 1–10 (2018).
- ²⁵ Vilela, D. S., Ferreira, R. G. & Del-Claro, K. The odonata community of a brazilian vereda: seasonal patterns, species diversity and rarity in a palm swamp environment. *Biosci. J.* **32**, 486–495 (2016).
- ²⁶ Pereira, D. F. G., de Oliveira Junior, J. M. B. & Juen, L. Environmental changes promote larger species of Odonata (Insecta) in Amazonian streams. *Ecol. Indic.* **98**, 179–192 (2019).
- ²⁷ Ávila Júnior, W. F. de, Machado, G. L. V., Lencioni, F. A. de A. & Carneiro, M. A. A. Distribution and composition of Dragonfly and Damselfly species (Odonata) of the upper Rio das Velhas, Ouro Preto, Minas Gerais State, Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* **60**, e20206065 (2020).
- ²⁸ Venâncio, H., Vilela, D. S., Barbosa, M. S. & Santos, J. C. Dragonflies and damselflies in a region of the triângulo mineiro, Minas Gerais checklist and taxonomic additions. *Biota Neotrop.* **21**, (2021).
- ²⁹ Nessimian, J. L. *et al.* Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* **614**, 117–131 (2008).
- ³⁰ Silva, L. F. R. *et al.* A matter of suborder: are Zygoptera and Anisoptera larvae influenced by riparian vegetation in Neotropical Savanna streams? *Hydrobiologia* 1–11 (2021).
- ³¹ Carvalho, A. L. & Nessimian, J. L. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats e hábitos das larvas. *Oecologia Bras.* **05**, 3–28 (1998).
- ³² Crowder, L. B. & Cooper, W. E. Habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey (*Lepomis macrochirus*). *Ecology* **63**, 1802–1813 (1982).
- ³³ Johnson, D. M., Martin, T. H., Mahato, M., Crowder, L. B. & Crowley, P. H. Predation, density dependence, and life histories of dragonflies: A field experiment in a freshwater community. *J. North Am. Benthol. Soc.* **14**, 547–562 (1995).
- ³⁴ Morin, P. J. Odonate guild composition: experiments with colonization history and fish predation. *Ecology* **65**, 1866–1873 (1984).

- ³⁵ Brito, J. P., Carvalho, F. G. & Juen, L. Response of the Zygopteran Community (Odonata: Insecta) to Change in Environmental Integrity Driven by Urbanization in Eastern Amazonian Streams. *Ecologies* **2**, 150–163 (2021).
- ³⁶ Carvalho, F. G., de Oliveira Roque, F., Barbosa, L., de Assis Montag, L. F. & Juen, L. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. *Anim. Conserv.* **21**, 526–533 (2018).
- ³⁷ Brito, J. G. *et al.* Small forest losses degrade stream macroinvertebrate assemblages in the eastern Brazilian Amazon. *Biol. Conserv.* **241**, (2020).
- ³⁸ Oliveira-Junior, J. M. B.; Juen, L. The Zygoptera/Anisoptera ratio (Insecta: Odonata): a new tool for habitat alterations assessment in Amazonian streams. *Neotrop. Entomol.* **48**, n. 4, p. 552–560, (2019).
- ³⁹ Palacino-Rodríguez, F., Contreras-Sánchez, N. A. & Córdoba-Aguilar, A. Population structure in dry and rainy seasons, in *Erythrodiplax umbrata* (Linnaeus) (Odonata: Libellulidae). *Odonatologica* **41**, 245–249 (2012).
- ⁴⁰ Moura, L. P. *et al.* Congruence of the composition of Odonata between dry and rainy seasons in the Maranhense Cerrado. *Int. J. Odonatol.*, **23**, n. 4, p. 305–314 (2020).
- ⁴¹ Hortal, J. *et al.* Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **46**, 523–549 (2015).
- ⁴² Bybee, S. M. *et al.* Phylogeny and classification of Odonata using targeted genomics. *Mol. Phylogenet. Evol.* **160**, (2021).
- ⁴³ Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B. B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858 (2000).
- ⁴⁴ Pimm, S. L. ENVIRONMENT: Can we defy nature’s end? *Science*. **293**, 2207–2208 (2001).
- ⁴⁵ ICMBio. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente, Brasília (2008).
- ⁴⁶ Agostinho, A. A.; Thomaz, S. M.; Gomes, L. C. Conservation of the biodiversity of Brazil’s inland waters. *Conservation Biology* **19**, 646–652 (2005)
- ⁴⁷ Mugnai, R., Nessimian, J. L. & Baptista, D. F. *Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro: para atividades técnicas, de ensino e treinamento em programas de avaliação da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos*. (Technical Books Editora, 2010).
- ⁴⁸ De Assis, J. C. F., Carvalho, A. L. & Nessimian, J. L. 273 Composição e preferência por microhabitat de imaturos de Odonata. *Rev. Bras. Entomol.* **48**, 273–282 (2004).
- ⁴⁹ Juen, L., Cabette, H. S. R. & De Marco, P. Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands. *Hydrobiologia* **579**, 125–134 (2007).

- ⁵⁰ Kalkman, V. J. *et al.* Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. in *Freshwater Animal Diversity Assessment* 351–363 (Springer Netherlands, 2007). doi:10.1007/978-1-4020-8259-7_38.
- ⁵¹ Resende, D. C. Residence advantage in heterospecific territorial disputes of *Erythrodiplax* Brauer species (Odonata, Libellulidae). *Rev. Bras. Entomol.* **54**, 110–114 (2010).
- ⁵² Calvão, L. B., Juen, L., de Oliveira Junior, J. M. B., Batista, J. D. & De Marco Júnior, P. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. *J. Insect Conserv.* **22**, 675–685 (2018).
- ⁵³ De Marco P. Jr. *et al.* Aquatic invertebrates associated with the Water-Hyacinth (*Eichornia crassipes*) in an eutrophic reservoir in tropical Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, **36**(6), 73–80 (2001).
- ⁵⁴ Lounibos L. P. *et al.* Odonata associated with water lettuce *Pistia stratiotes* L. in South Florida. *Odonatologica*, **19** (4), 359–366 (1990).
- ⁵⁵ Stewart, D. A. B. & Samways, M. J. Conserving dragonfly (Odonata) assemblages relative to river dynamics in an African savanna game reserve. *Conserv. Biol.*, **12**, 683–692 (1998).

CAPÍTULO 2

ECOLOGIA E HISTÓRIA NATURAL DAS FORMIGAS ARBORÍCOLAS DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

*Flávio Camarota
Heraldo L. Vasconcelos*

Introdução

A maioria das pessoas, gostando ou não de insetos, já se deparou com um formigueiro no chão e, pelo menos uma parte destas pessoas, se interessou o suficiente para observar mais de perto. Aqueles que se detiveram por mais tempo observando estes formigueiros se encantaram com a organização e diligência das formigas, e isto gerou várias histórias e fábulas que acompanham a nossa própria história. No entanto, aqueles que se permitiram olhar um pouco além do solo perceberam não apenas que também existem muitas formigas habitando as plantas, mas que as formigas ali encontradas são geralmente diferentes das encontradas no solo. Além disso, um olhar mais atento irá mostrar que estas formigas estão muitas vezes interagindo de alguma forma com as plantas ou com os insetos que habitam essas plantas. É sobre as formigas que forrageiam ou nidificam em plantas, principalmente árvores, que iremos tratar neste capítulo. Para isso, iremos inicialmente apresentar uma pequena revisão sobre a evolução do hábito arborícola entre as formigas, e em seguida discorrer sobre a ecologia e diversidade deste grupo no bioma Cerrado tendo como base os estudos desenvolvidos por nosso grupo de pesquisas na Reserva Ecológica do Panga (doravante REP).

Origem e evolução das formigas arborícolas

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) surgiram no início do período Cretáceo, há cerca de 125 milhões de anos^{1,2}. Entretanto, a grande diversificação de linhagens de formigas, incluindo aqui o surgimento de linhagens que passaram a nidificar em árvores e não mais no solo, teve início apenas no final do Cretáceo, há cerca de 60 milhões de anos¹. A grande diversificação das formigas coincide com o surgimento das plantas angiospermas (plantas com flores e frutos) e da maioria dos insetos terrestres. O registro fóssil mostra que logo após a chegada das angiospermas – e possivelmente em resposta as mudanças na disponibilidade e nos tipos de recursos alimentares –, surgem novas adaptações entre as formigas, entre elas o aumento no comprimento mandibular que as tornou mais efetivas para capturar artrópodes, agora muito mais abundantes e diversos². Já a segunda leva de adaptações morfológicas após o surgimento e diversificação das angiospermas está relacionada ao uso das plantas pelas formigas: o aumento das garras e da estrutura adesiva da extremidade das patas².

As angiospermas não só aumentaram a oferta de recursos indiretamente, mas também diretamente, tornando as plantas atraentes para as formigas até então exclusivamente de solo. Dentre estes recursos estavam inicialmente a seiva exposta das plantas em cortes e machucados, além de hemípteros sugadores de seiva que eram caçados pelas formigas. Com o tempo, as formigas começaram a interagir de forma

mutualista com estes hemípteros, defendendo-os contra inimigos naturais (predadores e patógenos) em troca das secreções açucaradas (*honeydew*) expelidas pelos hemípteros (Figura 1). A partir daí, as plantas evoluíram estruturas especializadas para atrair as formigas, que de maneira semelhante as interações com os hemípteros sugadores de seiva, passaram a proteger as plantas em troca de alimento¹. Dentre estas estão os nectários extraflorais (NEFs), que são estruturas produtoras de néctar, mas que não estão envolvidas diretamente na polinização (Figura 1). Os NEFs estão presentes em cerca de 4 mil espécies de plantas pertencentes a mais de 100 famílias (principalmente dentro das angiospermas), e plantas com NEFs são especialmente comuns nos trópicos¹. Outro recurso alimentar produzido pelas plantas e de grande importância para as formigas são os elaiossomos, que são apêndices carnosos das sementes, e são encontrados em mais de 11 mil espécies de 77 famílias de angiospermas¹.



Figura 1. Recursos alimentares para formigas em plantas: a) uma operária de *Camponotus rengerii* atendendo membracídeos em busca do *honeydew*; b) nectário extrafloral do barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum*); c) uma operária de *Cephalotes atratus* se alimentando de néctar extrafloral em um arbusto. (Crédito das fotos: a, Matheus Belchior; b,c, Flávio Camarota)

Após a transição de várias espécies de formigas para a alimentação nas plantas, estas começaram também a utilizá-las como forma de abrigo, sendo que as primeiras formigas a habitarem as plantas usavam estruturas pouco especializadas, como cavidades abertas em árvores, ou mesmo o substrato de plantas epífitas. Posteriormente, como veremos adiante, as formigas evoluíram diferentes adaptações para nidificar nas árvores. Assim como ocorreu com os hábitos de alimentação, o nível de especialização variou bastante, havendo inclusive grupos que apresentam adaptações formidáveis às cavidades que usam como abrigo de suas colônias.

Diversidade de formigas arborícolas

As formigas interagem com uma enorme variedade de plantas, desde aquelas de pequeno porte que vivem próximas do solo até grandes árvores de dossel. Estima-se que uma parte significativa da fauna de formigas em florestas tropicais viva em árvores, em alguns casos ultrapassando um terço de todas as espécies presentes em uma floresta. E isto é um fenômeno principalmente tropical, sendo que em alguns ambientes florestais a maior parte da biomassa é constituída por formigas que vivem nas árvores³.

Dentre os principais grupos de formigas arborícolas estão as formigas da subfamília Pseudomyrmecinae e que no Brasil são representadas pelo gênero *Pseudomyrmex* (Figura 2). O gênero *Pseudomyrmex* conta com mais de 200 espécies, sendo que todas essas possuem olhos grandes, corpo alongado e um ferrão bem desenvolvido⁴. Estas

formigas possuem movimentos rápidos e furtivos, típicos de formigas caçadoras, apesar da maioria das espécies serem onívoras. Embora existam algumas espécies associadas a plantas específicas, a maior parte das *Pseudomyrmex* nidifica de forma oportunista em cavidades nos ramos e galhos ocos de árvores. Sendo assim, as formigas deste gênero representam um estágio relativamente inicial da colonização das árvores, com hábitos de alimentação e nidificação mais generalizados. Isto é confirmado pela data do surgimento deste grupo de formigas, ainda no final do Cretáceo, juntamente com a crescente diversificação das plantas angiospermas⁴.

Outro grupo bastante diverso e abundante de formigas arborícolas são as *Cephalotes* (Figura 2), um gênero exclusivamente neotropical (região biogeográfica que inclui a América do Sul e Central, as ilhas do Caribe e o sul do México e da Flórida) e que possui 121 espécies, das quais 64 ocorrem no Brasil⁵. As *Cephalotes* surgiram um pouco depois das Pseudomyrmicinae, há aproximadamente 46 milhões de anos, sendo que todas as espécies conhecidas deste gênero forrageiam e nidificam em árvores⁶. Há cerca de 9 milhões de anos, as taxas de diversificação do gênero *Cephalotes* caíram bastante, o que pode ser consequência de uma saturação de nichos, com a acumulação de espécies e o consequente aumento da concorrência. Porém, contrariamente à maior parte do grupo, dois grupos de espécies (*fiebrigi* e *angustus*) tiveram uma explosão recente de diversificação⁶. Um fato marcante, que coincide com a diversificação das formigas destes dois grupos, é o surgimento de ecossistemas mais secos e mais abertos, entre eles o Chaco, a Caatinga e o Cerrado⁶. Essa ‘oportunidade ecológica’ propiciou a diversificação destes grupos específicos, que puderam lançar mão da ampla gama de adaptações morfológicas típica das *Cephalotes*, como diferenças marcantes em tamanho corporal, que estão ligadas à utilização diferencial do substrato, influenciando, entre outras coisas, o recrutamento à recursos de alimentação. Além disso, dentro deste grupo ocorreu a evolução de diferentes formatos da cabeça de operárias maiores (soldados)⁷. Estas formigas bloqueiam a entrada das cavidades que ocupam, protegendo assim a colônia de inimigos naturais, que se constituem principalmente de outras espécies de formigas.

Além das adaptações externas também existem importantes adaptações internas relacionadas à vida nas árvores. Como uma grande parte da dieta das formigas arborícolas consiste em alimentos líquidos, algumas espécies adaptaram o seu sistema digestivo para uma melhor captação e armazenamento destes recursos⁸. Dentre as espécies com adaptação morfológica para uma dieta líquida estão algumas altamente agressivas e com padrões intensos de atividade, como as dos gêneros *Azteca* e *Crematogaster* (Figura 2). Estas formigas, geralmente de pequeno porte, formam grandes colônias que podem ocupar toda uma árvore. O tamanho e a organização espacial das colônias, juntamente com um comportamento extremamente ativo e (muitas vezes) agressivo, tornam as formigas *Azteca* e *Crematogaster* ecologicamente dominantes nas árvores que ocorrem.

Outra adaptação interna bastante importante e comum em formigas arborícolas é a interação com bactérias simbióticas⁹. Estas bactérias vivem no sistema digestivo das formigas e as ajudam na digestão de alimentos de origem vegetal (como o néctar e o *honeydew*), que são ricos em açúcares, mas pobres em nitrogênio (N). As bactérias ajudam na digestão através da reciclagem e aprimoramento do N consumido por essas formigas. Bactérias simbiotas do grupo Rhizobiales foram encontradas em formigas

dos gêneros *Camponotus*, *Dolichoderus* e *Cephalotes*; porém, é provável que estas bactérias estejam presentes nos tratos digestivos de outros grupos de formigas⁹.

Diversidade no Cerrado

À primeira vista, o Cerrado – com suas árvores de pequeno porte (raramente ultrapassando os 10 metros de altura) e muitas vezes espaçadas entre si –, pode parecer não possuir uma diversidade muito grande de formigas arborícolas. No entanto, o Cerrado possui a maior diversidade de formigas arborícolas entre todas as savanas tropicais, diversidade esta comparável à de muitas florestas tropicais. Uma compilação dos estudos conduzidos na REP entre 2002 e 2012 indica que ao menos 277 espécies de formigas ocorrem nos ambientes de savana ou matas da reserva, sendo que cerca de 40% destas espécies (117) foram registradas em amostras coletadas na vegetação¹⁰. Entretanto, só parte destas espécies nidifica em árvores. Estima-se que entre 18 e 20% das espécies que ocorrem na vegetação mais típica do bioma, o cerrado *stricto sensu*, sejam arborícolas. Na REP, há ao menos 90 espécies de 12 gêneros que são arborícolas, incluindo aqui *Ectatomma tuberculatum* que embora nidifique no solo forrageia predominantemente na vegetação. Os gêneros com maior diversidade são *Camponotus*, *Cephalotes* e *Pseudomyrmex* (Figura 2).

Acredita-se que a heterogeneidade ambiental do Cerrado, que é caracterizado como um mosaico de tipos de vegetação, ajuda a explicar a alta diversidade de formigas arborícolas ao nível de paisagem. No entanto, como vimos acima, a diversidade de formigas arborícolas é grande mesmo quando levamos em conta apenas um dos diversos tipos de vegetação encontrados no bioma. Esta alta diversidade na escala local parece estar ligada, como veremos a seguir, à oferta de abrigo e alimento pelas árvores do Cerrado.

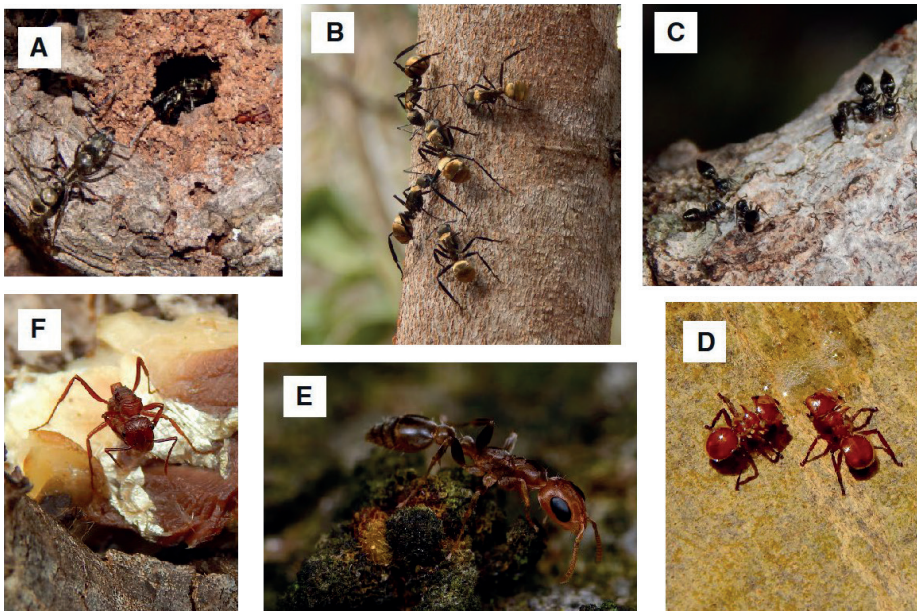


Figura 2: Gêneros de formigas arborícolas comumente encontrados na REP e no Cerrado como um todo: a) *Neoponera*; b) *Camponotus*; c) *Crematogaster*; d) *Cephalotes*; e) *Pseudomyrmex*; f) *Ectatomma*. (Crédito das fotos: a,b,c,d,f, Flávio Camarota; e, Tomás Oliveira)

Ecologia de nidificação

As formigas arborícolas podem nidificar em uma variedade de estruturas. Algumas espécies utilizam galhos mortos no solo, enquanto outras fazem seus ninhos no solo, geralmente na base das árvores ou bem próximos destas. Outras espécies nidificam nas árvores mesmo, embaixo da casca, em ‘ninhos de cartão’ (ninhos feitos com uma mistura de fragmentos de matéria vegetal e solo, o que lhe dá uma aparência de papelão), ou até mesmo no substrato suspenso nos ‘jardins de formigas’ (um tipo de ninho feito com fragmentos de matéria vegetal e onde várias espécies de plantas epífitas crescem), sendo estes dois últimos bastante raros no Cerrado, mas comuns em áreas mais úmidas (Figura 3). Porém, a grande maioria das formigas arborícolas tropicais nidifica em cavidades produzidas por besouros brocadores de madeira (Figura 3), principalmente aqueles pertencentes às famílias Cerambycidae, Curculionidae e Buprestidae. Estes besouros são considerados como ‘engenheiros de ecossistema’ uma vez que produzem recursos para a utilização de uma ampla gama de organismos.

O ciclo de vida destes besouros está ligado às árvores em que nidificam. As larvas se alimentam do tecido do xilema, criando assim cavidades nos ramos e troncos das plantas, cavidades essas que possuem uma variedade de formas e tamanhos, potencialmente relacionados à espécie de besouro que as produziram. Após se tornarem adultos, os besouros perfuram um buraco e emergem das árvores hospedeiras. Assim como as cavidades em si, estes buracos de saída podem ter diferentes tamanhos, o que também estaria relacionado ao tamanho dos besouros que o fizeram. Estas cavidades formadas e depois abandonadas pelos besouros são aproveitadas por muitos outros organismos, entre eles abelhas, aranhas e, principalmente, formigas.



Figura 3: Alguns locais de nidificação de formigas arborícolas: a) ninho de cartão; b) substrato do ‘jardim de formigas’; c) um exemplar do carvoeiro (*Tachigali aurea*), uma espécie de árvore com uma grande quantidade de cavidades produzidas por besouros, como pode ser visto em d) com ramos dissecados da mesma espécie. (Crédito das fotos: a,b,c, Flávio Camarota; d, Galen Priest).

Baseado em uma amostragem feita em seis espécies de árvores bastante comuns na REP – o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), o pau-terra (*Qualea grandiflora*), o barbatimão, (*Stryphnodendron polyphyllum*), o carvoeiro (*Tachigali aurea*), o jacarandá-do-cerrado (*Machaerium opacum*) e o pau-santo (*Kielmeyeria coriacea*) – estima-se que 32% dos ramos com mais de 3 cm de diâmetro e 14% dos ramos com menos de 3 cm de diâmetro possuem cavidades produzidas por besouros brocadores. Este número varia entre espécies de árvores, sendo que o pequizeiro foi a espécie com mais cavidades e o pau terra a com menos. O volume (espaço disponível para uso pelas formigas) das cavidades é bastante variável também, havendo cavidades muito pequenas (com apenas 0.1 cm³) até bem grandes (mais de 100 cm³). Do total de cavidades amostradas, 21.5% estavam ocupadas por formigas pertencentes a 25 espécies de 13 gêneros diferentes¹¹. Entretanto, esta taxa de ocupação, assim como o número de espécies colonizadoras, é provavelmente bem maior já que as cavidades permanecem disponíveis para colonização por formigas durante toda a vida das árvores e, em alguns casos, até após a morte destas. Além disto, apenas uma fração das cavidades disponíveis pode ser efetivamente utilizada por uma dada espécie de formiga. Isto porque o tamanho das cavidades e dos buracos de saída produzidos pelos besouros age como um filtro para a colonização das variadas espécies de formigas; por exemplo, formigas muito grandes não conseguem ocupar cavidades pequenas. Assim não foi surpresa observar que os estudos conduzidos na REP mostram que há uma relação significativa entre a largura da cabeça da espécie de formiga ocupante da cavidade e a largura da entrada para a cavidade¹¹.

Espécies que usam diferentes tipos de cavidade, que nidificam em diferentes partes da árvore, ou ainda que tem atividade em diferentes horários, parecem ser mais prováveis de coexistir em uma mesma árvore do que espécies que tem requerimentos de nidificação ou atividade forrageira muito similares. Por exemplo, avaliando-se os padrões de co-ocorrência das espécies de formigas mais comuns na REP observou-se que os pares de espécies que apresentaram um padrão segregado tinham hábitos/traços mais parecidos entre si do que aquelas que apresentaram um padrão agregado de co-ocorrência¹². Por exemplo, *Cephalotes pusillus* e *Crematogaster ampla* que tem hábitos de nidificação e forrageio bastante semelhantes, raramente foram encontradas habitando a mesma árvore (Figura 4). Já *Camponotus atriceps* e *Camponotus sericeiventris* foram frequentemente encontradas em uma mesma árvore, possivelmente porque a primeira é estritamente noturna enquanto a segunda forrageia durante o dia. De fato, em geral, dentre os pares agregados (ou seja, que em geral ocorrem nas mesmas árvores), estavam espécies de formigas que utilizavam cavidades com características diferentes ou em diferentes tipos de madeira (viva ou morta)¹². Além disso, diferentes espécies tendem a ter preferências em relação aos tamanhos de entrada das cavidades onde vivem suas colônias. Alguns grupos possuem adaptações especiais, como o corpo alongado de *Pseudomyrmex* e os formatos diferenciados da cabeça de diferentes espécies de *Cephalotes*. Porém, a maioria das espécies não possui uma adaptação aparente para usar cavidades, mas ainda assim tendem a escolher tamanhos específicos para construir seus ninhos. De fato, quando ninhos artificiais foram ofertados as formigas, mais ninhos foram colonizados e por mais espécies quando os ninhos possuíam uma ampla gama de tamanho de orifícios de entrada do que quando os ninhos tinham pouca variação no tamanho dos orifícios.

Cephalotes pusillus



Estrutura do ninho	Usam cavidades extensivamente?	Período de atividade	Recrutamento
Ramos pequenos a muito grandes (vivos ou mortos)	Sim	Diurno e noturno	Alto
=	=	=	≠
Ramos pequenos a muito grandes (vivos ou mortos)	Sim	Diurno e noturno	Muito alto

Crematogaster ampla

Figura 4: Esquema mostrando as características em comum (hábitos de nidificação e período de atividade) de duas espécies de formigas (*Cephalotes pusillus* e *Crematogaster ampla*) que não costumam coexistir em uma mesma árvore. Dentre as características avaliadas, a única diferente entre as espécies foi a intensidade do recrutamento. (Crédito das fotos: *Cephalotes pusillus*, Tomás Oliveira; *Crematogaster ampla*, Flávio Camarota).

É interessante notar que as formigas arborícolas podem tanto diminuir as entradas das cavidades que ocupam – tampando as laterais com diferentes materiais, como fibra vegetal, areia ou terra –, quanto aumentar o tamanho da cavidade¹³. Supostamente este comportamento é vantajoso para as formigas. Isto porque entradas menores ajudam a controlar melhor as condições microclimáticas das cavidades, protegendo-as contra excesso de calor e umidade. Além disso, cavidades menores podem proteger espécies menores ou menos agressivas. Em contraste, um aumento da entrada da cavidade pode permitir um melhor deslocamento das formigas para dentro e fora do ninho, permitindo que espécies maiores possam usar as cavidades disponíveis.

Uma das espécies que mais utilizou os ninhos artificiais colocados em árvores da REP foi *Cephalotes pusillus*, e nossos estudos sugerem que esta espécie pode ser ecologicamente dominante na comunidade através do sucesso na ocupação e utilização das cavidades disponíveis¹⁴. À primeira vista, *Cephalotes pusillus*, com seus hábitos relativamente tímidos, não seria a candidata principal para ocupar o cargo de uma das espécies dominantes nas árvores de Cerrado. No entanto, essa formiga tem um grande potencial na utilização de diferentes tipos e tamanhos de cavidades, o que permite que ela ocorra mesmo em árvores ocupadas por com espécies mais agressivas e abundantes, como aquelas dos gêneros *Azteca* e *Crematogaster*. Além disso, a presença de *C. pusillus* em uma árvore diminui as oportunidades de outras espécies utilizarem as cavidades, principalmente aquelas que possuem o tamanho de entrada semelhante ao preferido por *C. pusillus*¹⁴.

Ecologia alimentar

Por muito tempo os cientistas indagaram o porquê de haver tantas formigas na copa das florestas tropicais, já que nestas florestas a biomassa de formigas supera a

de todos os vertebrados juntos³. Se existem tantas formigas e supondo que a maioria destas é carnívora (alimentando-se de outros artrópodes), teria de haver uma biomassa gigantesca de presas de formigas nas copas das árvores, o que não é o caso. O fim desse mistério ocorreu em 2003, quando Diane Davidson e colaboradores descobriram que grande parte das formigas arborícolas não é carnívora, mas sim alimenta-se principalmente de líquidos açucarados produzidos pelas próprias plantas ou por insetos sugadores de seiva^{3,15}. Ou seja, a enorme biomassa de formigas arborícolas é explicada porque ecologicamente estas são consideradas como herbívoras sendo sustentadas, direta ou indiretamente, pelas plantas.

Assim como as florestas tropicais úmidas, o Cerrado possui uma grande biomassa de formigas arborícolas. Além disso, o Cerrado também possui muitas plantas que produzem nectários extraflorais (NEFs) ou que hospedam hemípteros produtores de *honeydew*. Porém, até recentemente, pouco se sabia sobre a importância relativa dos recursos produzidos por estas plantas para as formigas do Cerrado. Um estudo pioneiro foi então conduzido na REP para elucidar esta questão, estudo esse que utilizou isótopos estáveis para inferir a posição trófica das espécies analisadas¹⁶. Observou-se que, assim como ocorre nas florestas tropicais, a maioria das espécies de formigas arborícolas do Cerrado tem uma dieta “herbívora” indicando que estas derivam boa parte de sua alimentação dos líquidos açucarados produzidos por nectários extraflorais ou secretados por insetos sugadores de seiva. Além disso, foi detectada uma marcante variação na dieta entre as formigas de solo e as arborícolas, já que a maioria das formigas de solo ocupa uma posição trófica significativamente mais elevada que as arborícolas evidenciando a atividade predatória destas espécies. Essa estrutura vertical da dieta foi tão forte, que se manteve mesmo entre diferentes tipos de vegetação (Figura 5). Sendo assim, a dieta das formigas de uma árvore encontrada no cerrado *stricto sensu* foi mais semelhante com a de formigas de uma árvore de floresta do que com a de formigas encontradas no solo do cerrado *stricto sensu*¹⁶.

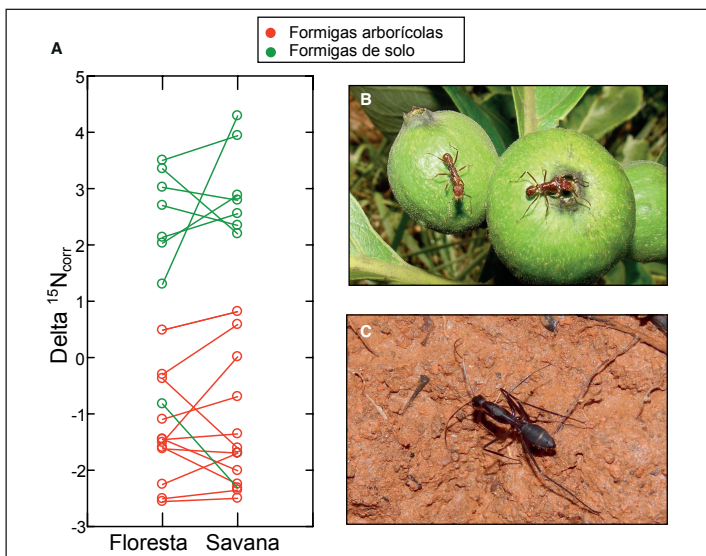


Figura 5: a) Estrutura trófica das formigas arborícolas e de solo. Os círculos representam os valores para a mesma espécie em árvores de floresta e de savana (cerrado *stricto sensu*); b) duas operárias de *Ectatomma tuberculatum*, espécie tipicamente arborícola; c) uma operária de *Camponotus melanoticus*, que apesar de viver em árvores, também pode ser encontrada comumente no solo. (Crédito das fotos: Flávio Camarota).

A dieta herbívora da maior parte das formigas arborícolas parece ter uma influência marcante na preferência por recursos alimentares suplementares nas árvores. Geralmente, os organismos tendem a preferir aqueles nutrientes mais raros em seu ambiente, suprindo assim uma possível deficiência nutricional. Sendo assim, em ambientes com excesso de alimentos açucarados as formigas irão tender a buscar, preferencialmente, recursos diferentes, como alimentos à base de proteína. O contrário seria esperado ocorrer para as formigas de solo, que tenderiam a preferir aqueles nutrientes mais raros em sua dieta, no caso aqueles alimentos ricos em açúcar. De fato, foi isto que se encontrou em um estudo que buscou entender as demandas nutricionais de formigas habitando o solo e a vegetação arbórea¹⁷. Para isto, foram oferecidas iscas com açúcar ou com sal para as formigas, tanto na vegetação quanto no solo. O sódio presente no sal de cozinha, por ser raro nas plantas, deveria ser muito mais limitante para uma formiga com dieta herbívora do que para uma predadora, enquanto o contrário seria esperado em relação ao açúcar. De fato, se observou que as formigas arborícolas utilizaram duas vezes mais as iscas de sal do que as de açúcar, enquanto no solo a frequência de formigas foi 20% menor nas iscas de sal¹⁷. Ou seja, houve uma confirmação de que as formigas tendem a preferir aqueles alimentos que são mais raros em seu habitat e que elas possuem uma certa plasticidade em sua dieta.

Uma vez que as formigas arborícolas se alimentam majoritariamente de alimentos ricos em carboidratos, as oportunidades de diferenciação de nicho de alimentação entre as espécies são bastante limitadas. Se as formigas não podem ser diferentes quanto ao tipo de alimento, então a solução pode ser utilizar esse recurso de maneiras diferentes. Por exemplo, algumas espécies podem ser mais rápidas em encontrar o alimento, consumindo o máximo possível enquanto podem. Outras espécies podem ser mais lentas, mas uma vez no alimento tomam conta deste não deixando que nenhuma outra espécie o utilize mais. Essa diferença em estratégias de velocidade em descobrir o alimento já foi descrita anteriormente em comunidades de formigas, e é conhecida como *'discovery-dominance trade-off'* (demanda conflitante entre a capacidade de descobrir o recurso alimentar e a capacidade de dominar/monopolizar o recurso)¹⁸.

Para avaliar a existência da estratégia de *'discovery-dominance trade-off'* entre formigas arborícolas, foram oferecidas iscas alimentares em diversas árvores de cerrado, durante diversos períodos do dia (Figura 6). Surpreendentemente, as espécies que encontram as iscas mais rápido não as abandonaram assim que novas espécies chegavam a esta mesma isca, como seria esperado em um *trade-off* (demanda conflitante) entre a capacidade de descoberta e de defesa destes recursos¹⁹. Assim, ao invés de uma relação negativa entre o índice de descoberta e o índice de dominância das iscas, encontramos uma relação positiva (Figura 6). Estes resultados sugerem que a fase inicial da descoberta dos recursos é a mais importante na utilização deste, já que a primeira espécie a chegar é em geral também quem vai dominar o recurso alimentar. Isto implica que mesmo que não haja forte diferenciação de nicho alimentar entre as formigas arborícolas, a coexistência é facilitada devido ao fato de que a maioria das espécies mostraram ter a capacidade de ser a primeira a descobrir novos recursos alimentares disponíveis nas árvores¹⁹.

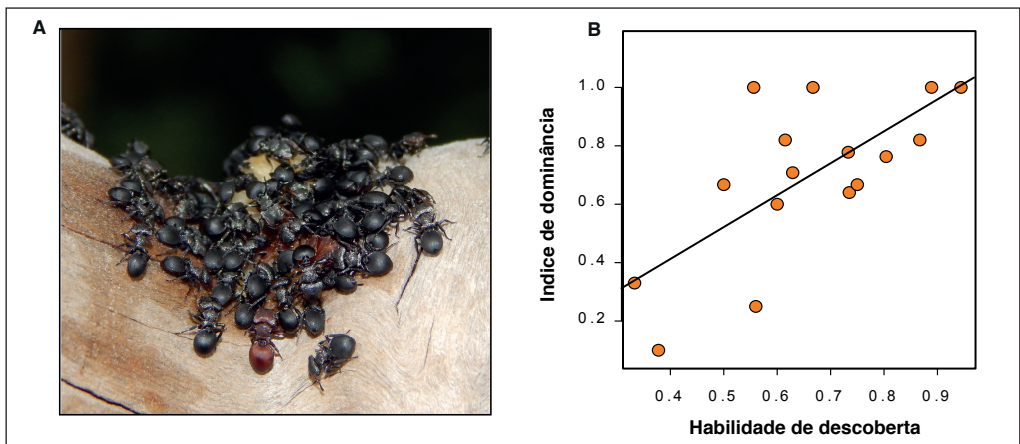


Figura 6: a) Operárias de *Cephalotes pusillus*, uma espécie que tem sucesso em encontrar e dominar o alimento; b) Gráfico mostrando a relação positiva entre a capacidade de dominar um recurso de alimento (índice de dominância) e a de descobrir este recurso (habilidade de descoberta). Os círculos alaranjados representam diferentes espécies de formigas. (Crédito da foto: Flávio Camarota).

Interações com as árvores que possuem nectários extraflorais

Como vimos anteriormente, há vários recursos alimentares para formigas na vegetação, o que gerou importantes interações. Ao serem atraídas pelo néctar ou *honeydew*, as formigas muitas vezes dão proteção as plantas. A proteção das formigas pode se dar devido à simples presença destas nas plantas, o que afasta herbívoros menores ou mais ágeis. Alguns casos, porém, envolvem um comportamento agressivo das formigas, que podem inclusive se aproveitar dos herbívoros como uma fonte extra de alimento. A relação entre formigas e plantas de cerrado que produzem nectários extraflorais (NEFs) gerou um grande número de estudos. Porém, uma questão permanecia pouco explorada: como a comunidade inteira de formigas arborícolas (ou seja, todas as espécies de formigas das árvores) responde à presença dos NEFs. Na REP, foram amostradas formigas em três espécies de árvore que tem NEFs e três que não contam com essa estrutura. Os resultados desse estudo indicam haver uma diferença muito pequena no número de espécies presentes em plantas com ou sem NEFs²⁰. Além disso, a maior parte das formigas encontradas em plantas com NEFs também foi encontrada em plantas sem NEFs²⁰. Ou seja, os NEFs tiveram um papel limitado para explicar a estrutura das comunidades de formigas nas árvores de cerrado, sugerindo que outros recursos, como aqueles de abrigo, tenham maior importância na estruturação destas comunidades, ainda que o néctar produzido em NEFs seja uma importante fonte alimentar para as formigas arborícolas.

Incêndios severos na REP e seus efeitos sobre as formigas arborícolas

O fogo é parte integrante do Cerrado desde seu surgimento, expansão e diversificação, entre quatro e dez milhões de anos atrás. Sendo assim, o Cerrado possui uma fauna e flora adaptados ao fogo, que ocorre naturalmente em intensidade moderada e no intervalo de alguns anos entre cada queimada. Porém, a frequência das queimadas aumentou bastante nos últimos tempos. De outro lado, a política de supressão do fogo nas reservas naturais brasileiras fez aumentar as chances de ocorrência de incêndios

severos devido ao acúmulo de material vegetal inflamável. Na REP houve a ocorrência de dois incêndios de alta severidade, em 2014 e em 2017, os quais atingiram boa parte da vegetação da reserva, queimando inclusive a copa das árvores mais altas. Para entender o efeito destes incêndios sobre a comunidade de formigas que vivia nas árvores atingidas pelo fogo, foram monitoradas 169 árvores durante nove anos²¹. A comunidade de formigas destas árvores queimadas foi comparada com a de formigas em uma área controle, o Parque Estadual da Serra de Caldas Novas (PESCAN)²¹.

Após as queimadas, houve um declínio na riqueza de espécies de formigas arborícolas (Figura 7), além de uma mudança na composição das espécies. Enquanto isso, na área controle, não foram detectadas mudanças marcantes. O fogo afetou com maior intensidade as espécies de hábitos exclusivamente arborícolas, como àquelas do gênero *Cephalotes* e *Pseudomyrmex*, do que aquelas que não nidificam exclusivamente nas árvores, como as do gênero *Camponotus* (Figura 7). Este impacto diferencial ocorre porque muitas dessas espécies estritamente arborícolas fazem ninhos nos locais mais afetados pelo fogo, como é o caso das extremidades dos galhos. Das 14 espécies arborícolas mais comuns encontradas na REP, oito tiveram uma queda drástica na abundância²¹. A perda destas formigas ecologicamente dominantes parece abrir espaço para a colonização das árvores por espécies de formigas oportunistas, que apenas raramente sobem nas árvores.

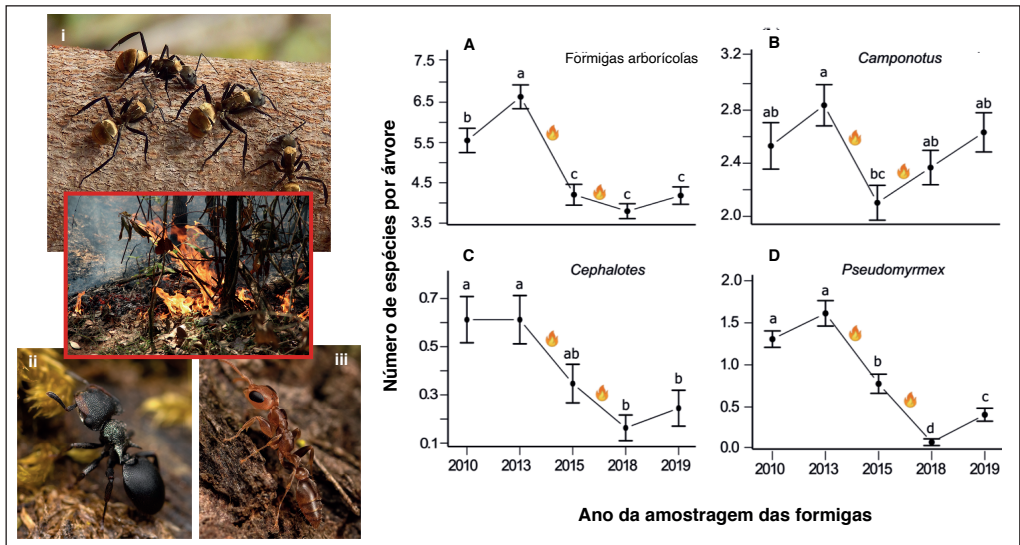


Figura 7: Efeito do fogo severo no número de espécies de formigas por árvore em cinco amostragens diferentes e em diferentes grupos de formigas: a) todas as espécies de formigas tipicamente arborícolas; b) espécies do gênero *Camponotus* (figura i); c) espécies do gênero *Cephalotes* (figura ii) e d) espécies do gênero *Pseudomyrmex* (figura iii). (Créditos da fotos: i, Flávio Camarota; ii, iii, Tomás Oliveira).

Estas mudanças na fauna tiveram consequências nas interações entre as formigas e as árvores que elas vivem. Formigas arbóreas interagem ativamente com plantas que possuem NEFs, muitas vezes as protegendo contra inimigos naturais (herbívoros). De fato, um experimento realizado na REP em 2012 mostrou que ramos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense*, uma árvore que possui NEFs) cujas formigas foram removidas sofreram maior dano foliar do que aqueles em que as formigas permaneceram²². Este experimento foi repetido em 2017, logo após o segundo incêndio severo que atingiu a

reserva, quando então muitas lagartas atacavam as folhas do pequizeiro que rebrotaram após a passagem do fogo²³. Neste ano também se observou menor dano nas folhas com do que nas folhas sem formigas, ainda que o fogo provavelmente tenha destruído boa parte dos ninhos das formigas arbóreas que vivem no pequizeiro. Aparentemente, a perda espécies de formigas arbóricolas nas árvores queimadas em 2017 foi compensada por um aumento na ocorrência de formigas que nidificam em outros lugares (como no solo ou em troncos mortos), mas que também são predadoras de lagartas. Já em 2018 e em 2019, tanto a quantidade de lagartas quanto a de formigas (arbóricolas ou não) foi baixa e como consequência as folhas do pequizeiro que tinham livre acesso de formigas sofreram tanto dano quanto as folhas em que as formigas foram removidas²³. Além disso, ao contrário do que foi visto antes do fogo, em 2012, não observamos diferenças no nível de proteção oferecido pelas formigas à pequizeiros de diferentes tamanhos. Pequizeiros de grande porte são mais protegidos do que os de pequeno porte, já que em geral abrigam colônias de *Azteca*, espécie que é particularmente agressiva contra os herbívoros que atacam as folhas do pequi²². Os incêndios de 2014 e 2017 na REP mataram boa parte das colônias de *Azteca*, assim como de outras espécies que nidificam estritamente em árvores, como a maioria das *Cephalotes* e das *Pseudomyrmex*. Estes fogos foram tão severos que até 2019 (último ano do nosso experimento) a fauna de formigas dos pequizeiros da REP ainda não havia se recuperado totalmente²¹.

Conclusão

Os estudos sobre as formigas arbóricolas da REP ajudaram a responder várias perguntas que envolvem aspectos ecológicos e comportamentais destas formigas. No entanto, como é esperado na ciência, os estudos realizados geraram novas perguntas e, conseqüentemente, novos estudos estão sendo realizados neste momento na reserva. Precisamos ainda entender melhor o que define as comunidades de formigas em uma árvore, e para isso devemos explorar ainda melhor como estas comunidades respondem às variações na quantidade e qualidade de recursos de abrigo e alimentação. Também ainda sabemos muito pouco sobre o processo de colonização e sobre a capacidade de dispersão das espécies, aspectos que são essenciais para melhor entendermos a influência do pool regional de espécies sobre a fauna arbóricola local. Além disso, mediante à crise climática que estamos vivendo, é inevitável que busquemos entender como as formigas arbóricolas vão responder ao aumento previsto da temperatura global. Para isso, estão sendo realizados experimentos para determinar a tolerância termal das formigas da REP e que características nos ajudam a prever a vulnerabilidade das espécies ao aumento da temperatura. Por fim, continuamos a monitorar a comunidades de formigas atingidas pelos incêndios recentes na REP (2014 e 2017), o que vai nos dar um panorama ainda mais completo da dinâmica desta comunidade.

Referências bibliográficas

- ¹ Nelsen, M. P., Ree, R. H. & Moreau, C. S. Ant–plant interactions evolved through increasing interdependence. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **115**, 12253–12258 (2018).
- ² Dejean, A., Corbara, B., Orivel, J. & Leponce, M. Rainforest canopy ants: the implications of territoriality and predatory behavior. *Funct. ecosyst. Communities.* **1**, 105–120 (2007).

- ³ Davidson, D. W. & Patrell-Kim, L. Tropical arboreal ants: why so abundant? in *Neotropical biodiversity and conservation* (ed Gibson, A. C.) 127–140 (1996).
- ⁴ Ward, P. S. & Downie, D. A. The ant subfamily Pseudomyrmecinae (Hymenoptera: Formicidae): phylogeny and evolution of big-eyed arboreal ants. *Syst. Entomol.* **30**, 310–335 (2005).
- ⁵ Oliveira, A. M., Powell, S. & Feitosa, R. M. A taxonomic study of the Brazilian turtle ants (Formicidae: Myrmicinae: Cephalotes). *Rev. Bras. Entomol.* **65** (2021).
- ⁶ Price, S. L., Powell, S., Kronauer, D. J., Tran, L. A., Pierce, N. E. & Wayne, R. K. Renewed diversification is associated with new ecological opportunity in the Neotropical turtle ants. *J. Evol. Biol.* **27**, 242–258 (2014).
- ⁷ Powell, S. A comparative perspective on the ecology of morphological diversification in complex societies: nesting ecology and soldier evolution in the turtle ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **70**, 1075–1085 (2016).
- ⁸ Cook, S. C. & Davidson, D. W. Nutritional and functional biology of exudate-feeding ants. *Entomol. Exp. Appl.* **118**, 1–10 (2006).
- ⁹ Russell, J. A., Moreau, C. S., Goldman-Huertas, B., Fujiwara, M., Lohman, D. J. & Pierce, N. E. Bacterial gut symbionts are tightly linked with the evolution of herbivory in ants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **106**, 21236–21241 (2009).
- ¹⁰ Camacho, G. P. & Vasconcelos, H. L. Ants of the Panga Ecological Station, a Cerrado reserve in central Brazil. *Sociobiology* **62**, 281–295 (2015).
- ¹¹ Priest, G. V., Camarota, F., Powell, S., Vasconcelos, H. L. & Marquis, R. J. Ecosystem engineering in the arboreal realm: heterogeneity of wood-boring beetle cavities and their use by cavity-nesting ants. *Oecologia* **196**, 427–439 (2021).
- ¹² Camarota, F., Powell, S., S. Melo, A., Priest, G., J. Marquis, R. & L. Vasconcelos, H. Co-occurrence patterns in a diverse arboreal ant community are explained more by competition than habitat requirements. *Ecol. Evol.* **6**, 8907–8918 (2016).
- ¹³ Priest, G. V., Camarota, F., Vasconcelos, H. L., Powell, S. & Marquis, R. J. Active modification of cavity nest-entrances is a common strategy in arboreal ants. *Biotropica* **53**, 857–867 (2021).
- ¹⁴ Camarota, F., Vasconcelos, H. L., Marquis, R. J. & Powell, S. Revisiting ecological dominance in arboreal ants: how dominant usage of nesting resources shapes community assembly. *Oecologia* **194**, 151–163 (2020).
- ¹⁵ Davidson, D. W., Cook, S. C., Snelling, R. R. & Chua, T. H. Explaining the abundance of ants in lowland tropical rainforest canopies. *Science* **300**, 969–972 (2003).
- ¹⁶ Vieira, J., Camarota, F. & Vasconcelos, H. L. Trophic ecology of the arboreal and ground ant communities in forests and savannas of central Brazil. *Ecol. Entomol.* (2021).
- ¹⁷ Vieira, J., & Vasconcelos, H. L. Inter-generic and inter-habitat variation in the demand for sodium by Neotropical ants. *Insectes Sociaux*, **62**, 133–140 (2015).

- ¹⁸ Fellers, J. H. Interference and exploitation in a guild of woodland ants. *Ecology*, **68**, 1466–1478 (1987).
- ¹⁹ Camarota, F., Vasconcelos, H. L., Koch, E. B. & Powell, S. Discovery and defense define the social foraging strategy of Neotropical arboreal ants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **72**, 1–11 (2018).
- ²⁰ Camarota, F., Powell, S., Vasconcelos, H. L., Priest, G., & Marquis, R. J. Extrafloral nectaries have a limited effect on the structure of arboreal ant communities in a Neotropical savanna. *Ecology* **96**, 231–240 (2015).
- ²¹ Rosa, T. F., Camarota, F., Zuanon, L. A., Tito, R., Maravalhas, J. B., Powell, S. & Vasconcelos, H. L. The effects of high-severity fires on the arboreal ant community of a Neotropical savanna. *Oecologia* **196**, 951–961 (2021).
- ²² Koch, E. B., Camarota, F., & Vasconcelos, H. L. Plant ontogeny as a conditionality factor in the protective effect of ants on a Neotropical tree. *Biotropica* **48**, 198–205 (2016).
- ²³ Vasconcelos, H. L., Koch, E. B., Camarota, F., Tito, R., Zuanon, L. A. & Maravalhas, J. Severe fires alter the outcome of the mutualism between ants and a Neotropical savanna tree. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* **131**, 476–486 (2020).

CAPÍTULO 3

BIODIVERSIDADE DE BESOUROS ESCARABEÍNEOS (COLEOPTERA: SCARABAEINAE) DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

Raquel L. Carvalho
Lino Abdelnour Zuanon
Rafaella Maciel
Ruthe Saraiva Leão
Heraldo L. Vasconcelos

Introdução aos besouros escarabeíneos

Os besouros escarabeíneos, popularmente conhecidos como rola-bostas, são insetos pertencentes à ordem Coleoptera. Este é o grupo de animais com maior diversidade do planeta, com cerca de 400 mil espécies conhecidas e que ocorrem em praticamente todos os habitats, exceto nos oceanos¹. Os besouros escarabeíneos são particularmente abundantes nas florestas e nas savanas tropicais². Estima-se que existam cerca de 7 mil espécies de besouros rola-bostas no mundo e 700 espécies no Brasil³, que podem variar em tamanho (2 a 60 mm), cores e formatos. Algumas espécies apresentam dimorfismo sexual, ou seja, machos e fêmeas da mesma espécie apresentam características diferentes. Nesse caso, os machos possuem grandes “chifres” na cabeça, que são úteis tanto para a defesa dos ninhos, quanto nas disputas por fêmeas com outros machos. Como os demais besouros, os estes possuem o par de asas anteriores esclerotizado (élitro) com a função de proteção, enquanto o par de asas posteriores membranoso, serve para voar. Mas como separar os besouros escarabeíneos dos demais besouros? Para isso é necessário identificar as seguintes características: clipeo expandido, antenas lameladas, clavas antenais com três lamelas, pigídio exposto e tíbias posteriores com esporão apical único (Figura 1).

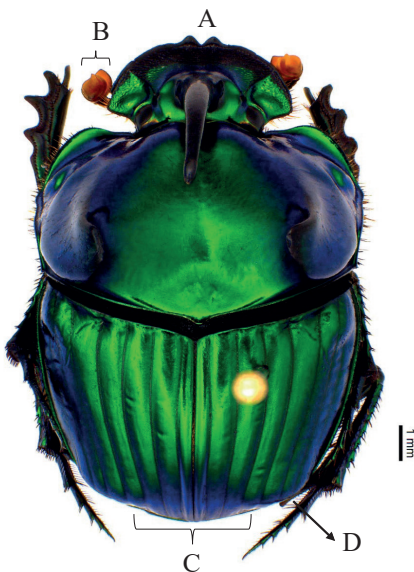


Figura 1. Principais características morfológicas de besouros escarabeíneos: A) clipeo expandido; B) antenas lameladas com clavas com três lamelas; C) pigídio exposto; D) tíbias posteriores com esporão apical único. Foto: Vinicius Costa-Silva

Os besouros escarabeíneos apresentam desenvolvimento holometábolo, passando por quatro estágios desde a fase de ovo até o indivíduo adulto (Figura 2). No início, as fêmeas depositam os ovos no interior das fezes, que se transformam em larva, e depois passam para o estágio de pupa. Esses três estágios ocorrem no interior do recurso alimentar (geralmente fezes; porém veja abaixo), em seguida a pupa passa para a fase de adulto. Nessa fase, os adultos escavam um túnel até a superfície do solo e saem à procura de alimento e parceiros reprodutivos. É importante ressaltar que cada ovo dará origem a um novo indivíduo e que o número de ovos depositados pelas fêmeas pode variar de acordo com a espécie, assim como a duração do ciclo de vida, que pode ser de alguns meses ou até mesmo anos⁴.

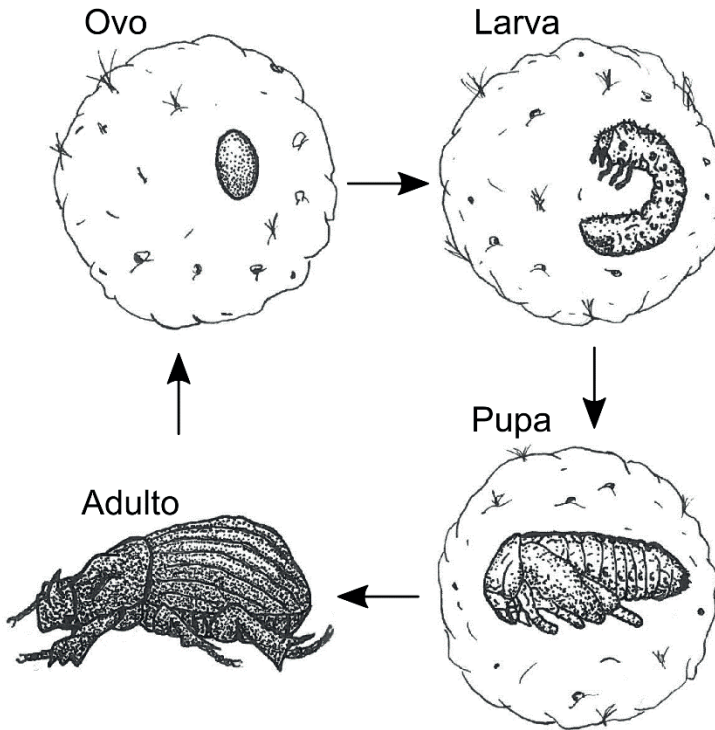


Figura 2. Ciclo de vida dos besouros escarabeíneos passando pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Desenho: Lino A. Zuanon

Os besouros escarabeíneos podem ser separados em grupos funcionais de acordo com o tipo de recurso alimentar utilizado. A grande maioria das espécies se alimenta de fezes, e assim são classificadas como coprófagas. Entretanto, há espécies que se alimentam de carcaças (necrófagos), de frutos (frugívoros) ou são predadores de outros artrópodes. Nesse último caso, existem registros de besouros que predam diplópodes ou rainhas de formigas do gênero *Atta*⁵. Além disso, há espécies generalistas que utilizam mais de um recurso. Além disso, a classificação funcional dos besouros escarabeíneos também pode ser baseada na forma como utilizam os recursos para reprodução e/ou alimentação em: residentes, escavadores e rolozeiros. Os besouros residentes vivem no interior ou abaixo do recurso alimentar, enquanto os escavadores fazem túneis de até 15 cm abaixo e/ou ao lado da fonte original de alimento. Já os besouros rolozeiros,

confeccionam bolas de recursos, que são retiradas da fonte original de alimento e roladas para serem enterradas (Figura 3). A distância percorrida pelo besouro enquanto rola o recurso desde sua fonte até o local apropriado para o desenvolvimento de seus ovos, pode variar de poucos centímetros até alguns metros. Por fim, esses besouros podem ser classificados de acordo com o período de atividade, em diurnos, noturnos, crepusculares ou generalistas^{2,4}.

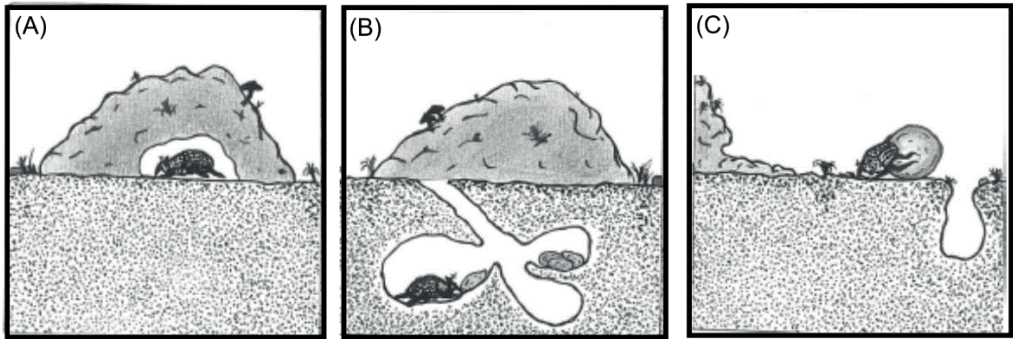


Figura 3. Estratégias de nidificação apresentadas pelos besouros escarabeíneos: (A) Residente, (B) Escavador e (C) Rolador. Adaptado de Halffter & Edmonds (1982). Desenho: Lino A. Zuanon

Relevância ecológica e econômica

Os besouros escarabeíneos têm um relevante papel ecológico e prestam importantes serviços ecossistêmicos. Ao escavar túneis e galerias para a alocação do alimento, esses besouros promovem a incorporação de matéria orgânica, a bioturbação, a retenção de água e a aeração do solo. Além disso, atuam na redução da emissão de gases de efeito estufa provenientes das fezes e na dispersão secundária de sementes de diferentes tamanhos, que está relacionada com o tamanho do besouro⁶. Os besouros também atuam no controle de parasitas intestinais e de moscas hematófagas e detritívoras (como a mosca do chifre), que também utilizam as fezes para se reproduzir e causam enormes prejuízos econômicos para a pecuária⁷. Todas essas funções são importantes para o funcionamento do ecossistema, tanto em áreas naturais, quanto modificadas. Em pastagens dos Estados Unidos e do Reino Unido, por exemplo, os serviços ecossistêmicos realizados pelos besouros escarabeíneos foram valorados em US\$380 e £367 milhões, respectivamente⁸.

Uso como bioindicadores

Uma das maneiras de avaliar os impactos antrópicos e suas consequências sobre a biodiversidade é com a utilização de bioindicadores⁹. Esses organismos são afetados por diferentes variáveis ambientais e são usados para avaliar/monitorar os efeitos de distúrbios antrópicos (como desmatamento e degradação) e naturais nos diferentes ambientes¹⁰. Desta forma, muitos estudos utilizam invertebrados como bioindicadores, tendo em vista tanto sua rápida resposta perante mudanças ambientais, quanto sua amostragem relativamente simples e de baixo custo¹¹. Dentre os invertebrados terrestres, os besouros escarabeíneos são amplamente utilizados como indicadores

ecológicos para avaliar os impactos de distúrbios antrópicos. Esses organismos são sensíveis às mudanças na estrutura da vegetação¹², já que a cobertura arbórea influencia diretamente as condições abióticas do ambiente, como umidade e temperatura. Além disso, a presença e a abundância de mamíferos de grande porte também pode afetar a comunidade dos besouros, que utilizam os excrementos desses animais para alimentação e nidificação¹³. Esses dois fatores podem alterar a comunidade local de besouros, quer através de modificação na riqueza de espécies, na abundância de indivíduos e/ou na composição de espécies. Além disso, a separação dos besouros em grupos funcionais (considerando a dieta, o período de atividade e o modo de alocação dos recursos) pode facilitar o entendimento das respostas de suas comunidades a distúrbios¹⁵.

A fauna de besouros escarabeíneos da Reserva Ecológica do Panga (REP)

Nosso conhecimento sobre a fauna de besouros da REP é ainda relativamente limitado, já que este está baseado em um único inventário conduzido em dezembro de 2017. Este inventário fez parte de um estudo maior que teve como objetivo avaliar os impactos das mudanças no uso da terra sobre a fauna de besouros escarabeíneos do Cerrado¹⁵.

Duas fitofisionomias existentes na REP foram amostradas: o cerrado *stricto sensu* e a floresta estacional semidecidual. Em cada uma dessas fitofisionomias, oito armadilhas de queda (*pitfall*), iscadas com fezes, foram instaladas e ficaram em campo por 48 horas (Figura 4). Os indivíduos coletados foram identificados e foi determinada a abundância, biomassa, estratégia de alocação de recurso, preferência alimentar e período de atividade de cada uma das espécies coletadas. Para quantificar a biomassa, sempre que o tamanho da amostra permitia, 30 indivíduos de cada espécie eram pesados para determinação da massa corporal. Já as informações relacionadas com estratégias de alocação de recurso, preferência alimentar e período de atividade foram obtidas a partir da base de dados da Coleção Zoológica da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).



Figura 4. Armadilha de queda iscada com fezes e utilizada para a amostragem de besouros escarabeíneos na Reserva Ecológica do Panga. Foto: Raquel L. Carvalho

No total foram capturados 2.544 indivíduos e 47 espécies de besouros escarabeíneos – o que representa 6% do total de espécies conhecidas em todo o território brasileiro – de 16 gêneros (Tabela 1, Figura 5). O gênero com maior diversidade de espécies foi *Dichotomius*, com sete espécies, sendo três exclusivas do cerrado, uma exclusiva da floresta semidecídua e três compartilhadas entre os dois ambientes. Dentre as 47 espécies amostradas, nove são consideradas raras localmente (registro de apenas um ou dois indivíduos), representando 19% do total de espécies amostradas na REP.

Comparativamente, mais espécies foram amostradas no cerrado (total de 37 espécies) do que na floresta semidecídua (24 espécies, Tabela 1). Dessas espécies, 14 foram registradas nos dois ambientes. Além disso, o número de espécies encontradas nessas duas fitofisionomias da REP foi maior que a encontrada em qualquer outra área amostrada na região (média de 31 espécies no cerrado e de 17 espécies na floresta) (dados não publicados). As espécies mais abundantes amostradas no cerrado foram *Genieridium bidens* (182 indivíduos), *Oxysternon palaemo* (162 indivíduos) e *Phanaeus palaemon* (127 indivíduos), enquanto na floresta semidecídua as mais abundantes foram *Dichotomius* aff. *carbonarius* (864 indivíduos), *Canthidium* sp.1 (154 indivíduos) e *Dichotomius* aff. *zikani* (126 indivíduos).

Além das medidas tradicionais geralmente avaliadas em estudos de comunidade, como a riqueza e composição de espécies, determinou-se também as características funcionais dos besouros encontrados nas duas fitofisionomias estudadas. As características medidas foram: biomassa, dieta, período de atividade e tipo de alocação de recursos. Utilizar medidas funcionais traz uma informação complementar, já que essas características estão relacionadas com os serviços ecossistêmicos realizados pelos besouros. Funcionalmente, cerrado e floresta semidecídua mostraram-se muito similares¹⁶. Em termos de biomassa total esta foi bem parecida (246,8 g no cerrado e 272,9 g na floresta), ainda que na floresta a maior parte da biomassa estava associada à espécie mais abundante, *Dichotomius* aff. *Carbonarius*. Esta última, que é de tamanho grande (132 mg), representou 62% dos indivíduos amostrados e 41% da biomassa total da floresta, enquanto a espécie mais abundante do cerrado, *Genieridium bidens*, é de tamanho pequeno (6.33 mg) e representou apenas 15% dos indivíduos e 0,4% da biomassa. Em relação ao comportamento de alocação de recurso, a maioria das espécies de besouros no cerrado e na floresta foram classificadas como escavadores, seguido pelos rola-dores e residentes. Além disso, nas duas fitofisionomias a maioria das espécies foram coprófagas e com hábito noturno (Figura 6A-F).

Entre as espécies de besouros escarabeíneos encontradas na Reserva Ecológica do Panga, quatro (*Cathon lituratus*, *Cathon virens*, *Dichotomius flaucus* e *Ontherus azteca*) estão presentes na lista vermelha de espécies ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN); porém, todas elas têm o status de “menos preocupante” (“least concern”). Também destacamos a amostragem de uma nova espécie do gênero *Coprophaneus* que está sendo descrita pelo taxonomista Dr. Fernando Vaz-de-Mello.

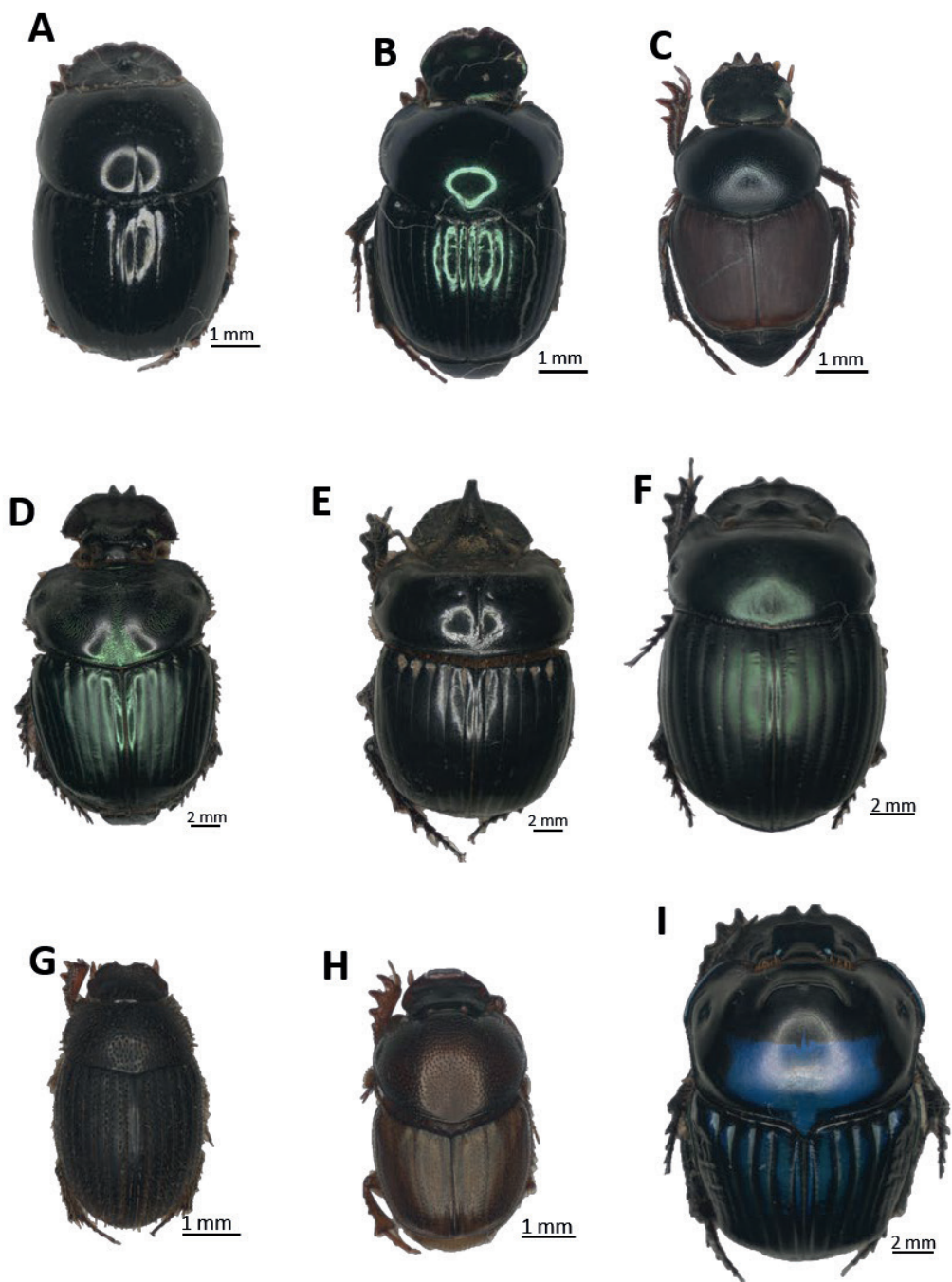


Figura 5. Algumas das espécies de besouros mais abundantes registradas na Reserva Ecológica do Panga A) *Ateuchus striatulus* (Preudhomme de Borre, 1886); B) *Canthidium refulgens* Boucomont, 1928; C) *Canthon lituratus* (Germar, 1824); D) *Coprophanaeus spitzii* (Pessoa 1935); E) *Dichotomius bos* (Blanchard, 1843); F) *Dichotomius glaucus* (Harold, 1869); G) *Genieridium cryptops* (Arrow, 1913); H) *Onthophagus buculus* Mannerheim, 1829; I) *Oxysternon palaemon* (Castelnau, 1840). Fotos: Rafaella Maciel

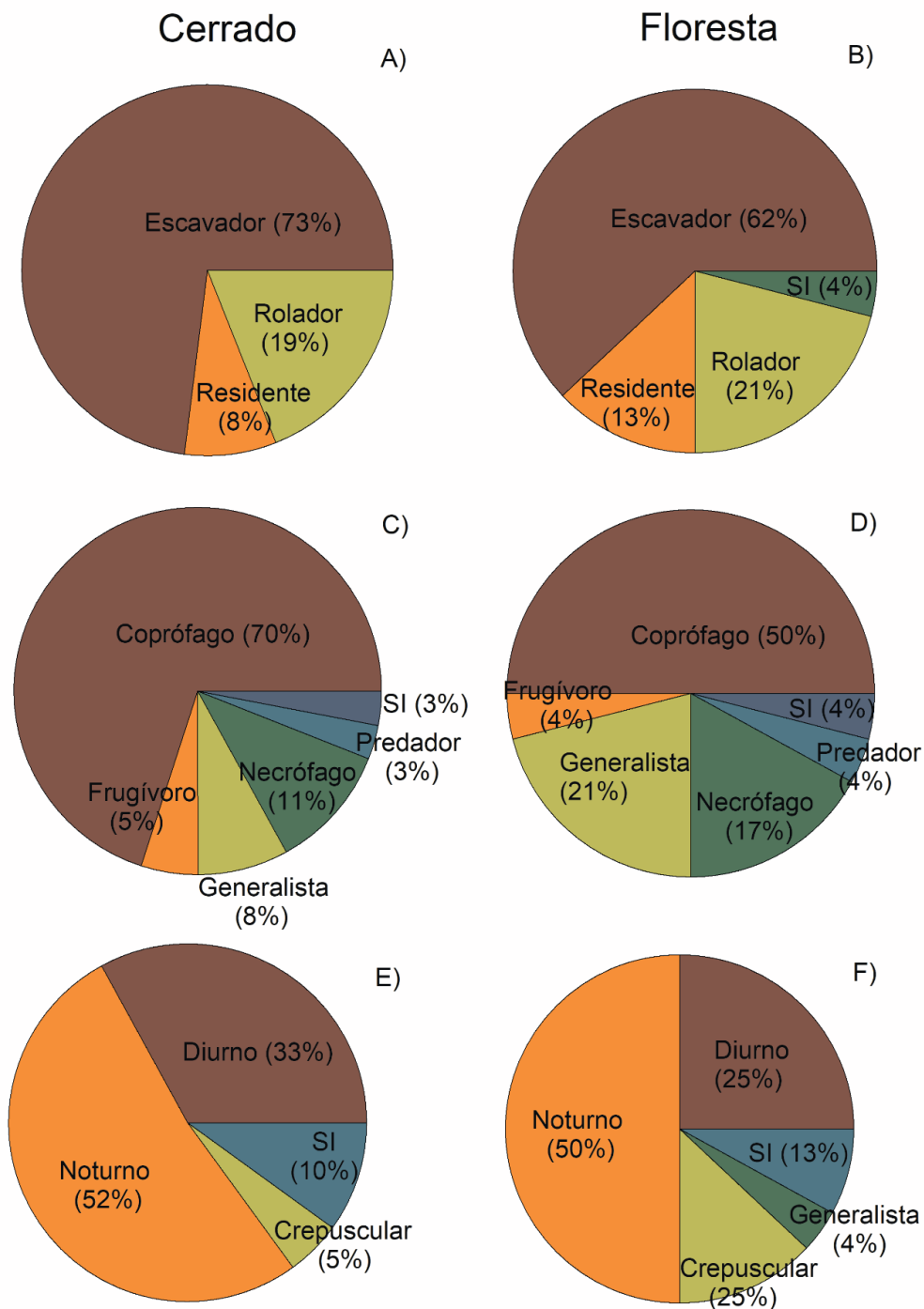


Figura 6. Características funcionais das espécies de besouros amostradas em relação ao comportamento de alocação de recurso, preferência alimentar e período de atividade em áreas de cerrado (A, C e E) e floresta (B, D e F) da Reserva Ecológica do Panga. SI indica sem informação.

Tabela 1: Lista de espécies de besouros amostrados em áreas de cerrado e floresta da Reserva Ecológica do Panga. Também é indicado a forma de utilização de recursos, o tipo de recurso alimentar e período de atividade das espécies.

Espécies	Utilização de recursos	Recurso alimentar	Período de atividade	Cerrado	Floresta
<i>Agamopus viridis</i> Boucomont, 1928	Rolador	Coprófago	Noturno	80	0
<i>Ateuchus</i> aff. <i>ovalis</i> (Boucomont, 1928)	NA	NA	Noturno	0	7
<i>Ateuchus striatus</i> (Preudhomme de Borre, 1886)	Escavador	Coprófago	Noturno	1	0
<i>Ateuchus vividus</i> (Germar, 1823)	Escavador	Coprófago	Noturno	31	0
<i>Ateuchus</i> sp.1	Escavador	Coprófago	NA	49	0
<i>Ateuchus</i> sp.4	Escavador	Coprófago	NA	44	0
<i>Canthidium barbaticum</i> Preudhomme de Borre, 1886	Escavador	Coprófago	Noturno	9	0
<i>Canthidium refugens</i> Boucomont, 1928	Escavador	Coprófago	NA	2	1
<i>Canthidium</i> sp.1	Escavador	NA	NA	0	154
<i>Canthidium</i> sp.7	Escavador	NA	NA	14	0
<i>Canthon conformis</i> Harold, 1868	Rolador	Generalista	Diurno	0	2
<i>Canthon lituratus</i> (Germar, 1824)	Rolador	Coprófago	Diurno	1	0
<i>Canthon tristis</i> Harold, 1862	Rolador	Coprófago	Diurno	18	0
<i>Canthon virens</i> (Mannerheim, 1829)	Rolador	Predador	Diurno	2	0
<i>Coprophanaeus cyanescens</i> Olsoufieff, 1924	Escavador	Necrófago	Crepuscular	0	36
<i>Coprophanaeus ensifer</i> (Germar, 1824)	Escavador	Necrófago	Crepuscular	34	8
<i>Coprophanaeus</i> sp.1*	Escavador	Necrófago	Crepuscular	4	0
<i>Coprophanaeus spitzzi</i> (Pessoa 1935)	Escavador	Necrófago	Crepuscular	22	9
<i>Deltochilum enceladus</i> Kolbe, 1893	Rolador	Coprófago	Noturno	1	30
<i>Deltochilum icariforme</i> Paulian, 1938	Rolador	Predador	Diurno	0	9
<i>Deltochilum pseudoicarum</i> Balthasar, 1939	Rolador	Coprófago	Diurno	2	0
<i>Deltochilum</i> aff. <i>komareki</i> Balthasar, 1939	Rolador	Generalista	Noturno	1	1
<i>Deltochilum</i> aff. <i>sextuberculatum</i> Bates, 1870	Rolador	Generalista	Noturno	0	4
<i>Diabroctis mirabilis</i> (Harold, 1877)	Escavador	Coprófago	Noturno	4	0
<i>Dichotomius bos</i> (Blanchard, 1843)	Escavador	Coprófago	Diurno	25	3
<i>Dichotomius</i> aff. <i>carbonarius</i> (Mannerheim 1829)	Escavador	Generalista	Noturno	2	864
<i>Dichotomius glaucus</i> (Harold, 1869)	Escavador	Coprófago	Noturno	117	0
<i>Dichotomius nissus</i> (Olivier, 1789)	Escavador	Coprófago	Noturno	6	0
<i>Dichotomius smaragdinus</i> (Perty, 1830)	Escavador	Frugívoro	Noturno	1	0
<i>Dichotomius transiens</i> Lued, 1928	Escavador	Frugívoro	Noturno	1	29
<i>Dichotomius</i> aff. <i>zikani</i> (Luederwaldt 1922)	Escavador	Coprófago	Noturno	0	126
<i>Eurysternus caribaeus</i> (Herbst, 1789)	Residente	Coprófago	Generalista	0	80
<i>Eutrichillum hirsutum</i> Boucomont, 1928	Residente	Necrófago	Noturno	8	0
<i>Eutrichillum</i> sp.1	Residente	Necrófago	Noturno	0	1
<i>Genieridium bidens</i> (Balthasar, 1938)	Residente	Coprófago	Noturno	182	0
<i>Genieridium cryptops</i> (Arrow, 1913)	Residente	Coprófago	Noturno	14	1
<i>Isocoprpris foveolatus</i> (Luederwaldt, 1931)	Escavador	Coprófago	Noturno	8	0
<i>Ontherus apendiculatus</i> (Mannerheim, 1829)	Escavador	Coprófago	Noturno	37	0
<i>Ontherus azteca</i> Harold, 1869	Escavador	Generalista	Noturno	32	5
<i>Ontherus ulcopygus</i> Génier, 1996	Escavador	Coprófago	Noturno	26	6
<i>Onthophagus buculus</i> Mannerheim, 1829	Escavador	Coprófago	Diurno	11	0
<i>Onthophagus hircus</i> Billberg, 1815	Escavador	Coprófago	Diurno	54	10
<i>Onthophagus haematopus</i> Harold 1875	Escavador	Coprófago	Noturno	0	1
<i>Onthophagus ptox</i> Erichson, 1842	Escavador	Coprófago	Diurno	9	0
<i>Oxysternon palaemon</i> (Castelnau, 1840)	Escavador	Coprófago	Diurno	162	3
<i>Phanaeus kyrbyi</i> Vigors, 1825	Escavador	Coprófago	Diurno	1	0
<i>Phanaeus palaeno</i> Blanchard 1846	Escavador	Coprófago	Diurno	127	1

*espécie nova

Agradecimentos

Agradecemos CNPq (processo 441225/2016-0) e a FAPEMIG (APQ 03202-13, e 04815-17) por financiar a coleta de dados realizada neste capítulo.

Referências

- ¹Rafael, J. A., Melo, G. A. R., Carvalho, C. J. B. D., Casari, S. A. & Constantino, R. *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia* (Holos, 2012).
- ²Hanski, I., & Cambefort, Y. (1991) *Dung Beetle Ecology*. (University Press, 1991).
- ³Schoolmeesters P. *et al.* ScarabNet Global Taxon Database (version 1.5) (2010).
- ⁴Gonzalo, H. & Edmonds, W.D. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae). An ecological and evolutive approach. The nesting behavior of dung beetles. (1982).
- ⁵Forti, L. C., Rinaldi, I. M. P., Camargo, R. D. S. & Fujihara, R. T. Predatory behavior of *Canthon virens* (Coleoptera: Scarabaeidae): a predator of leafcutter ants. *Psyche*, (2012).
- ⁶Nichols, E. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biol. Conserv.* **141**, 1461–1474 (2008).
- ⁷Braga, R. F., Korasaki, V., Audino, L. D. & Louzada, J. Are dung beetles driving dung-fly abundance in traditional agricultural areas in the Amazon?. *Ecosystems*, **15**, 1173–1181 (2012).
- ⁸Losey, J. E. & Vaughan, M. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, **56**, 311–323 (2006).
- ⁹Heink, U. & Kowarik, I. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecol. Indic.* **10**, 584–593 (2010).
- ¹⁰McGeogh, M. A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, **73**, 181–201. (1998).
- ¹¹Gardner, T. *Monitoring Forest biodiversity: improving conservation through ecologically responsible management*. (Routledge, 2010).
- ¹²Braga, R. F., Korasaki, V., Andresen, E. & Louzada, J. Dung beetle community and functions along a habitat- disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. *Plos One*, **8**, e57786 (2013).
- ¹³Culot, L., Bovy, E., Vaz-de-Mello, F. Z., Guevara, R. & Galetti, M. (2013). Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. *Biol. Conserv.*, **163**, 79–89 (2013).
- ¹⁴Carvalho, R. L., Andersen, A. N., Anjos, D. V., Pacheco, R., Chagas, L. & Vasconcelos, H. L. Understanding what bioindicators are actually indicating: Linking disturbance responses to ecological traits of dung beetles and ants. *Ecol. Indic.* **108**, 105764 (2020).

¹⁵ Carvalho, R.L., Vieira, J., Melo, C., Silva, A., Tolentino, Vitor; Neves, K., Vaz de Mello, F., Andersen, A. & Vasconcelos, H. L. *J. Appl. Ecol, Interactions between land use, taxonomic group and aspects and levels of diversity in a Brazilian savanna: Implications for the use of bioindicators.* "J. Appl. Ecol, **59**.10, 2642–2653 (2022).

¹⁶ Franco, A. L., Carvalho, R. L., Andresen, E., Mora, F., Vasconcelos, H. L., & Korasaki, V. Dung beetle morphological traits show intraspecific differences among four land uses in the Cerrado biome. *J. Insect Conserv.* **27**, 97–103 (2023).

CAPÍTULO 4

DIVERSIDADE DE ARANHAS EDÁFICAS ENCONTRADAS EM DIFERENTES USOS E MANEJO DO SOLO NO CERRADO

João Pedro Rodrigues Brichta
Antonio D. Brescovit
Vanessa Stefani

Introdução

As aranhas são invertebrados pertencentes à ordem Araneae. Há mais de 49.700 espécies descritas,¹ sendo esta uma das maiores ordens dentre os aracnídeos. As aranhas fazem parte de um grupo bastante conhecido e diversificado, ocupando nichos diferentes e com uma distribuição cosmopolita, característica que é atribuída a esse grupo pela capacidade de exploração e adaptação a várias condições ecológicas². Além disso, as aranhas são predadoras ativas e ajudam diretamente a controlar as populações de presas, podendo afetar as funções do ecossistema por meio de efeitos de predadores-herbívoros (efeitos top-down, em uma cascata trófica).³ Entre as diferentes estratégias de forrageamento, as mais conhecidas são as construtoras de teias orbiculares (aquelas que ancoram as teias de captura de presas ao substrato) e as aranhas caçadoras (aquelas que perseguem ativamente ou usam uma estratégia de sentar e esperar para a captura de presas, não usando teias para capturar as presas) que interagem de forma diferente com a estrutura do habitat⁴. Alguns estudos revelaram que as riquezas e abundâncias das aranhas são comumente associadas às modificações antrópicas em vários biomas pelo Brasil⁵⁻⁷.

Entre os biomas mais afetados pela ação humana, temos o Cerrado. O Cerrado é considerado um *Hotspot* de biodiversidade, possui alta riqueza de espécies e milhares de espécies endêmicas⁸. Parte dessa grande biodiversidade deve-se aos diferentes tipos de vegetação nativa que compõem esse bioma (Ex: campos sujos, cerrado *sensu stricto* e savanas florestais) que diferem entre si na cobertura de herbáceas à dossel, além da dinâmica do fogo, disponibilidade de água e características do solo⁹. Mesmo considerado um *Hotspot* da biodiversidade e o segundo maior bioma do Brasil, ocupando 21% do território,¹⁰ apenas 20% da vegetação nativa do Cerrado é protegida pela legislação brasileira. Esse bioma está severamente ameaçado pela mudança no uso de terra, sendo,^{11,12} as atividades humanas voltadas para agropecuária as alterações mais comuns no bioma, trazendo impactos negativos para os habitats nativos¹³. Entre os diferentes tipos de agropecuária as plantações florestais (agrossistemas) não respeitam as características dos biomas e da biodiversidade nativa¹³. A maioria das florestas plantadas, incluindo países megadiversos como o Brasil, ainda compreende monoculturas de árvores exóticas de manejo intensivo (por exemplo, *Eucalyptus*, *Acacia* e *Pinus*)¹⁴.

Essas atividades antrópicas também podem ser encontradas em áreas localizadas no Triângulo Mineiro, no estado de Minas Gerais. Em 2018, o projeto MapBiomas,¹⁵ mostrou que áreas do Triângulo Mineiro eram ocupadas predominantemente pela agropecuária (43.485,90 Km²) divididas em: pastagens (21.129,62 Km²), agricultura

(20.141,87 Km²) e um mosaico de agricultura e pastagem (2.214,41 Km²). Portanto, os ambientes naturais sendo substituídos pela agricultura convencional e/ou monoculturas de árvores exóticas são as principais causas do declínio da biodiversidade, pois elas reduzem ou alteram a cobertura vegetal, conduzindo ao um efeito em cascata trófica afetando predadores como as aranhas^{16,17}. Em estudo sobre a diversidade de aranhas de serapilheira em diferentes sistemas do uso e manejo do solo em Santa Catarina¹⁸, a maior diversidade de aranhas encontrada foi em área de floresta nativa, seguida por reflorestamento de eucalipto, pastagem, integração lavoura-pecuária e apenas lavoura. Assim, os estudos demonstram que as aranhas podem ser indicadoras eficazes de ambientes modificados, tanto positivamente quanto negativamente¹⁹⁻²¹. A presença de aranhas pode estar associada ao componente estrutural dos ambientes²², com o aumento na quantidade de presas influenciando diretamente na quantidade de ovos produzidos pelas fêmeas. Um estudo de artrópodes de diferentes táxons em usos de solo agrícolas em escala global mostrou que houve uma redução significativa na abundância e riqueza de aranhas em áreas com manejo intensivo, quando comparada a áreas nativas e que o reflexo dessa redução estaria associado à perda de potenciais presas dessas aranhas²⁵.

Nesse contexto, no presente capítulo, temos o objetivo de comparar composição de aranhas edáficas, sua riqueza e abundância, além de calcular a riqueza esperada e o grau de similaridade em diferentes usos do solo (naturais e antrópicos). Testaremos a hipótese de que ambientes mais preservados tendem a possuir maior riqueza e abundância de aranhas do que áreas degradadas.

Materiais e Métodos

Áreas de estudos

O estudo foi realizado em março de 2019 (durante a estação chuvosa) em cinco áreas distintas: duas áreas consideradas preservadas - cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua - dentro da Reserva Ecológica do Panga (REP) e três áreas próximas, consideradas antropizadas - pastagem, plantação de milho e silvicultura de *Eucalyptus* sp. – que se situam geograficamente próximas a REP (Figura 1). A REP é uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) pertencente à Universidade Federal de Uberlândia no município de Uberlândia – MG (19°11'40" S e 48°19'06" W), localizada às margens da estrada de Campo Florido (MG 455). O clima da região é subtropical, caracterizado por duas estações bem definidas: inverno frio e seco (maio a setembro), e verão quente e chuvoso (outubro a abril),²³ com média anual de 21,3 a 27,2°C de temperatura e 1500 ± 500 mm de precipitação.²⁴



Figura 1. Mapa da região da Reserva Ecológica do Panga (2021) (19°11'40" S e 48°19'06" W). As cores encontradas no mapa indicam: Verde - Regiões naturais (cerrado *sensu stricto*, Mata Semidecídua); Amarelo - Regiões antropizadas (Pastagem, Lavoura - plantação de milho e Silvicultura de *Eucalyptus* sp.).

As duas áreas amostradas na REP foram: *i.* cerrado *sensu stricto*, *ii.* mata semidecídua (Figura 2 a e b).

I. cerrado sensu stricto:

O cerrado *sensu stricto* caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies capazes de realizar a rebrota após queima ou corte. Grande parte dos solos sob a vegetação de Cerrado sentido restrito, apesar das boas características físicas, são solos forte ou moderadamente ácidos, com carência generalizada dos nutrientes essenciais, principalmente fósforo e nitrogênio. Com frequência apresentam altas taxas de alumínio. O teor de matéria orgânica varia de médio a baixo.²⁵

II. Mata Semidecídua:

A mata semidecídua apresenta dossel contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50% a 90%. A altura média do estrato arbóreo varia de 8 a 15 metros, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbustivo e herbáceos diferenciados.²⁵ Para Rizzini,²⁶ o mata semidecídua se caracteriza por um sub-bosque formado por pequenos arbustos e ervas, com poucas gramíneas. Ver detalhes da área amostra no Capítulo X.

As três áreas amostradas adjacentes à REP foram: *iii.* Plantação de milho; *iv.* Pastagem; *v.* Eucalipto (Silvicultura); (Figura 2 c, d, e).

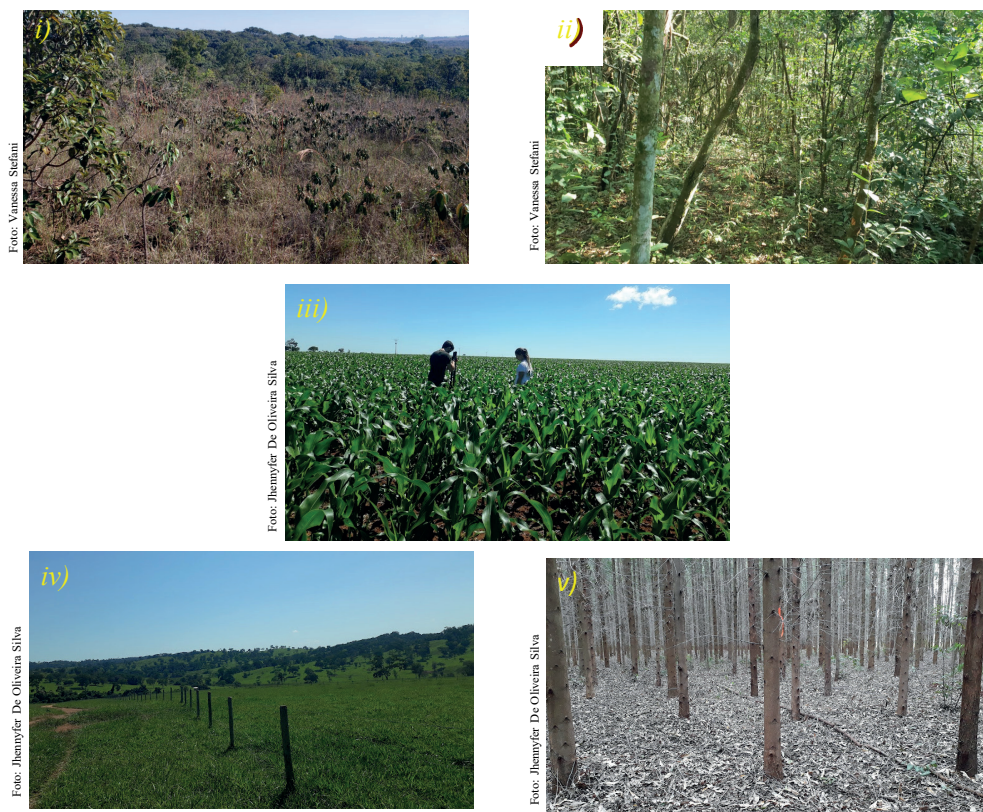


Figura 2. As áreas em que as armadilha de queda (pitfall trap) foram colocadas. Duas áreas consideradas preservadas: i) cerrado *sensu stricto* e ii) mata semidecídua - dentro da REP; e três áreas próximas, consideradas antropizadas: iii) pastagem, iv) plantação de milho e v) silvicultura de *Eucalyptus*. Todas as áreas localizam-se no município de Uberlândia, MG, Brasil.

III. Plantação de soja:

A soja é uma cultura herbácea anual, cujo ciclo de vida tem duração de 70 a 200 dias, com altura da planta variando entre 30 cm a 250 cm, possui alta resistência a pragas, herbicidas e doenças, além de possuir boa produtividade. Grande adaptação para o solo do Cerrado, fatores como profundidade e textura influenciam na alta produtividade de vagens nesse bioma. O rendimento ideal consome entre 450 mm/ciclo e 800 mm/ciclo, variando conforme condições climáticas, sendo que a temperatura ideal para seu crescimento é em torno de 30 °C, por volta de 27°C também ocorre maior fixação de nitrogênio, tornando o solo da lavoura mais nitrogenado.²⁷ A plantação estudada estava em um estágio avançado de seu desenvolvimento.

IV. Pastagem:

A pastagem amostrada nesse trabalho possui cobertura vegetal de gramíneas do gênero *Brachiaria* sp.. As pastagens de braquiária ocupam 70 milhões de hectares no Brasil, e só no ecossistema cerrados 51 milhões de hectares.²⁸ Além das gramíneas, o pasto apresentava arbustos e árvores bem esparsas, que segundo Ibrahim,²⁹ trazem diversos benéficos para conservação do solo, recursos hídricos, e o aumento da biodiversidade.

V. Silvicultura de *Eucalyptus* sp.:

Segundo Jayal em Lima,³⁰ as plantações de eucaliptos apresentam elevada demanda de nutrientes que desencadeia seu déficit anual, e ainda que há liberação de substâncias alelopáticas que afetam o crescimento outras espécies de plantas e microrganismos do solo, diminuindo sua fertilidade.

VI. Delineamento amostral

Em cada área amostrada foi utilizado um transectos de 200 metros de comprimento distantes 50 metros das bordas de cada local. Cada transecto possuía dez armadilhas-de-queda (tipo *pitfall*) distantes 20 metros uma da outra. As armadilhas consistiram em recipientes plásticos de 1.500 ml contendo cerca de 500 ml de solução composta por água e detergente neutro (para quebrar a tensão superficial da água). No solo, as armadilhas foram enterradas com a boca rente à superfície do solo e sem isca. Após 48h, as armadilhas foram recolhidas e os espécimes capturados foram transferidos para recipientes fechados contendo álcool 70% e conduzidos ao laboratório para triagem.

As aranhas inicialmente foram separadas em morfotipos e em seguida foram utilizadas como unidade taxonômica operacional.^{31,32} O uso de morfotipos em estudos com grupos megadiversos é a melhor maneira de contornar o problema da falta de conhecimento sistemático³⁰. As aranhas foram identificadas ao nível das espécies, quando possível. O material produzido por este estudo está depositado na coleção do Laboratório de Coleções Zoológicas, Instituto Butantan (curador: A.D. Brescovit).

VII. Análise estatística

Para avaliar a diferença entre a abundância e riqueza de aranhas (variáveis explicativas) nos cinco diferentes ambientes (variáveis respostas), aplicamos o GLM. Foi usado o pacote *geeglm* do programa R, “geepack”,³³ usando a família Poisson, pois os dados eram de contagem. Para testar a diferença entre as áreas, usamos test post hoc de Tukey, usando a função *Lameans* no pacote R “emmeans”,³⁴ para ajustar as comparações múltiplas.

A partir do registro da incidência das aranhas de solo nas armadilhas, foi estimada a riqueza esperada de espécies para cada área amostrada, utilizando o melhor índice para aranhas - estimador Jackknife 1 ou Jackknife de Primeira Ordem. O Jackknife 1 é um estimador não paramétrico que baseia seus cálculos na presença de itens únicos nas unidades de amostra.³⁵ Toti e seus colaboradores em 2000,³⁶ realizaram um teste de desempenho usando nove estimadores não paramétricos e concluíram que o Jackknife de primeira ordem é um bom estimador para comunidades de aranhas. As análises dos dados foram realizadas utilizando o software EstimateS 7.5.³⁷

Para verificar o grau de similaridade das diferentes áreas amostradas de acordo a composição de espécies foi realizada uma análise de Cluster utilizando o Coeficiente de Jaccard, utilizando o pacote “Vegan” do programa R.³⁸ Quando menor o valor do Coeficiente de Jaccard maior será a semelhança entre as áreas. Também foi calculado o Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC) a partir da comparação da matriz original usando métricas de correlação, portanto se o CCC for parecido com a matriz original apresentará valores próximos a 1 – isso indicará que o Cluster é uma boa representação da matriz de similaridade de espécies. Além disso, as espécies de aranhas encontradas foram separadas por guildas.^{4,39}

Resultados

Foram encontrados 84 indivíduos no total, sendo 33 adultos (51% machos e 49% fêmeas) e 48 jovens, totalizando 27 espécies de aranhas pertencentes a 13 famílias de seis guildas distintas (Tabela 1). As famílias mais abundantes foram Theridiidae, Corinnidae e Lycosidae, enquanto as guildas mais representativas foram as corredoras de solo e as tecedoras de teias espaciais diurnas (Tabela 1).

Tabela 1. Guildas e abundância de aranhas encontradas em cinco áreas distintas do município de Uberlândia, MG, Brasil.

Família	Morfoespécie	Guildas	Mata Semidecídua	cerrado <i>sensu stricto</i>	Lavoura	Pastagem	Silvicultura
Anyphaenidae							
	<i>Xiruana affinis</i> *	Caçadoras aéreas				1	
Corinnidae							
	<i>Falconina</i> sp.1	Corredoras de solo					2
	Corinnidae sp.1	Corredoras de solo	1	1		1	
	<i>Castianeira</i> sp.1*	Corredoras de solo		1		4	
	Jovens						
Dipluridae							
	Jovens		1	1			
Hahniidae							
	Jovens	Tecelãs de solo		2			
Idiopidae							
	Jovens		3	1			
Linyphiidae							
	<i>Agyneta</i> sp.	Tecedoras de teias espaciais diurnas			1		
	Jovens					1	
Lycosidae							
	<i>Trochosa</i> sp.1	Corredoras de solo		2		2	
	<i>Trochosa</i> sp.2	Corredoras de solo		1		1	
	Lycosidae sp.1	Corredoras de solo		1		1	
	Jovens		1	24	1		2
Miturgidae							
	<i>Teminius insularis</i> *	Corredoras de solo			2		
Oxyopidae							
	<i>Oxyopes salticus</i> *	Caçadoras aéreas				2	
Pholcidae							
	<i>Ibotyporanga naiadeae</i> *	Tecedoras de teias espaciais diurnas		2			
	Jovens			1			1
Salticidae							
	<i>Thiodina</i> sp.1*	Caçadoras noturnas de solo ou corredoras noturnas aéreas	2				
	<i>Neonella</i> sp.1	Caçadoras noturnas de solo ou corredoras noturnas aéreas		1			
	Jovens		1	1			
Theridiidae							
	<i>Dipoena</i> sp.1	Tecedoras de teias espaciais diurnas	1				
	<i>Euryopis</i> sp.1	Tecedoras de teias espaciais diurnas		1		1	
	<i>Steatoda</i> sp.1	Tecedoras de teias espaciais diurnas			1		
	Jovens		2	1	2		1
Trachelidae	<i>Orthobula</i> sp.1	Corredoras de solo	1	1			
Xenoctenidae							
	Jovens		1	1			
Abundância total			14	43	7	14	6
Riqueza total			10	17	5	9	4

*As espécies estão apresentadas na figura 4.

No ambiente de cerrado *sensu stricto* a abundância total foi de 43 indivíduos pertencentes a 17 espécies de 10 famílias distintas. As famílias mais abundantes foram das famílias Corinnidae e Lycosidae, enquanto as guildas mais encontradas foram Tecelãs de solo, tecedoras de teias espaciais diurnas (por exemplo, *Ibotyporanga naiadeae*, Mello-Leitão, 1944 – Pholcidae; Figura 3a) e corredoras de solo (Tabela 1). Na área de mata semidecídua foram encontrados 14 indivíduos distribuídos em 10 famílias, sendo as mais abundantes Idiopidae, Salticidae (por exemplo, *Thiodina* sp.; Figura 3b) e Theridiidae, e as guildas mais comuns foram corredoras de solo e caçadoras noturnas de solo ou corredoras noturnas aéreas (Tabela 1). Nas áreas antropizadas os resultados indicaram que a maior abundância e riqueza de espécies foram encontradas na Pastagem, com nove espécies totalizando 14 indivíduos detectados pertencentes a seis famílias distintas, sendo as mais presentes Corinnidae (sendo a espécie mais abundante a *Castianeira* sp.1; Figura 3c), Lycosidae e Oxyopidae (a única espécie encontrada foi *Oxyopes salticus*, Hentz, 1845; Figura 3d). As guildas mais frequentes foram de caçadoras aéreas (como as *Xiruana affinis*, Mello-Leitão, 1922 – Anyphaenidae, Figura 3e) e corredoras de solo (Tabela 1). Para a área de Lavoura foram amostrados sete indivíduos distribuídos em quatro famílias, sendo as mais abundantes Theridiidae e Miturgidae, sendo as guildas mais frequentes as de tecedoras de teias espaciais diurnas e Corredoras de solo (representadas pelas *Teminius insularis*, Lucas, 1857 – Miturgidae; Figura 3f) (Tabela 1). Na área de Silvicultura, foram encontrados seis indivíduos distribuídos em três famílias, sendo Corinnidae e Lycosidae as mais frequentes. A guilda mais frequente nesse uso de solo foi a de corredoras de solo.

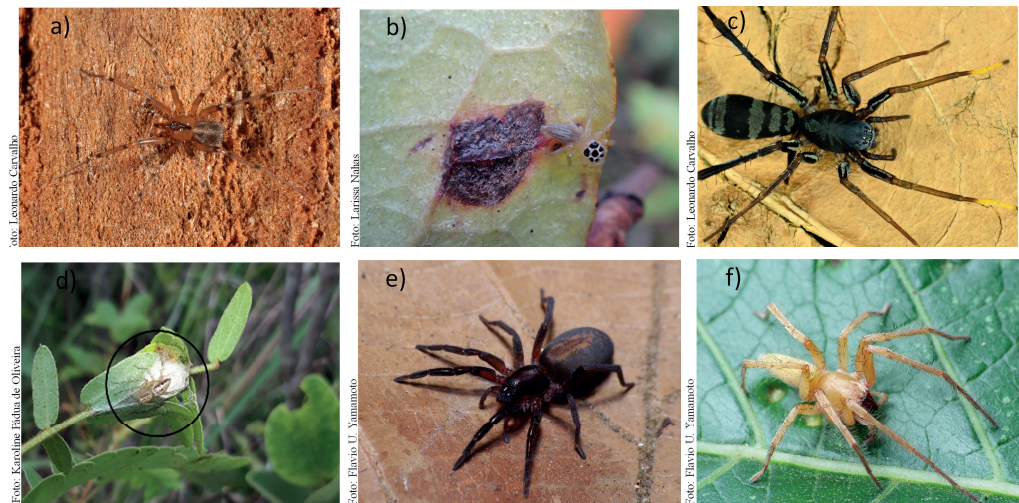


Figura 3. Espécies de aranhas encontradas em diferentes áreas amostradas do presente estudo: a) *Ibotyporanga naiadeae* (Pholcidae); b) *Thiodina* sp.1 (Salticidae); c) *Castianeira* sp.1 (Corinnidae); d) *Oxyopes salticus* (Oxyopidae); e) *Xiruana affinis* – Anyphaenidae; f) *Teminius insularis* – Miturgidae

Quando comparada a riqueza entre as diferentes áreas amostradas não encontramos diferenças ($F = 35,053$; $p = 0,063$; Figura 4). Entretanto, quando comparamos a abundância de aranhas entre áreas amostradas encontramos diferenças ($F = 105,96$, $p = 0,001$; Figura 4). Quando comparamos a abundância par a par cada uma das diferentes áreas estudadas foi verificado que para o ambiente de cerrado *sensu stricto* houve uma variação em relação a todas as outras áreas, enquanto as áreas de mata

semidecídua e pastagens não apresentaram diferença (Figura 4). Porém os ambientes de mata semidecídua e pastagens foram diferentes quando comparados com as áreas de lavoura e silvicultura (Figura 4).

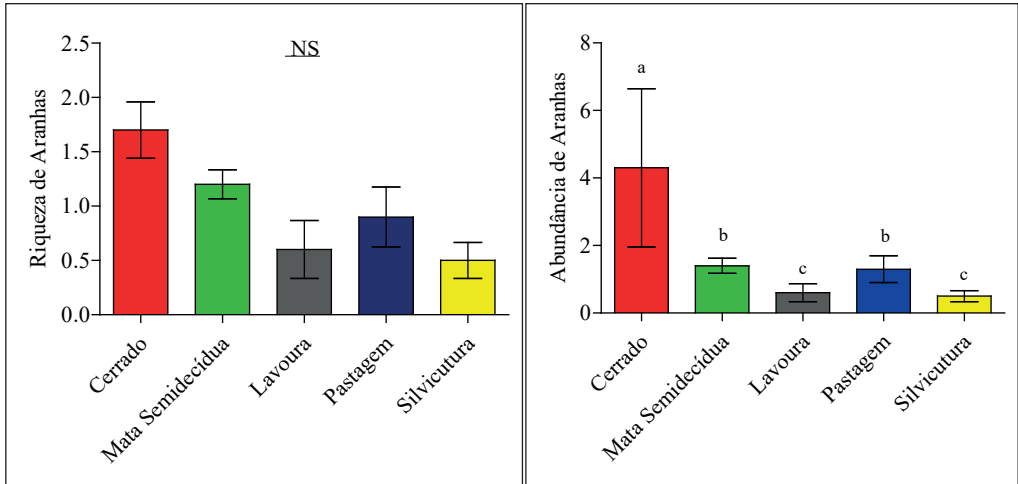


Figura 4. Resultado do levantamento de aranhas em cinco áreas amostradas próximas ao município de Uberlândia, MG, Brasil. A) Riqueza de aranhas; B) Abundância de Aranhas. Médias \pm 1EP são apresentados. Diferentes letras acima das barras demonstram diferença entre as diferentes áreas amostradas (test post hoc de Tukey).

As curvas de acumulação de espécie Jackknife 1 de nenhuma área amostrada apresentaram uma assíntota (Figura 5). A estimativa de riqueza média esperada usando Jackknife 1, mostrou um número maior de espécies, sendo esperadas para o ambiente de cerrado *sensu stricto* $21,7 \pm 2,59$ espécies; para ambiente de mata semidecídua $18,4 \pm 1,47$ espécies; $9,5 \pm 1,5$ para lavoura; $9,8 \pm 1,2$ para pastagem; $8,9 \pm 0,9$ para silvicultura (Média \pm Desvio Padrão; Figura 5).

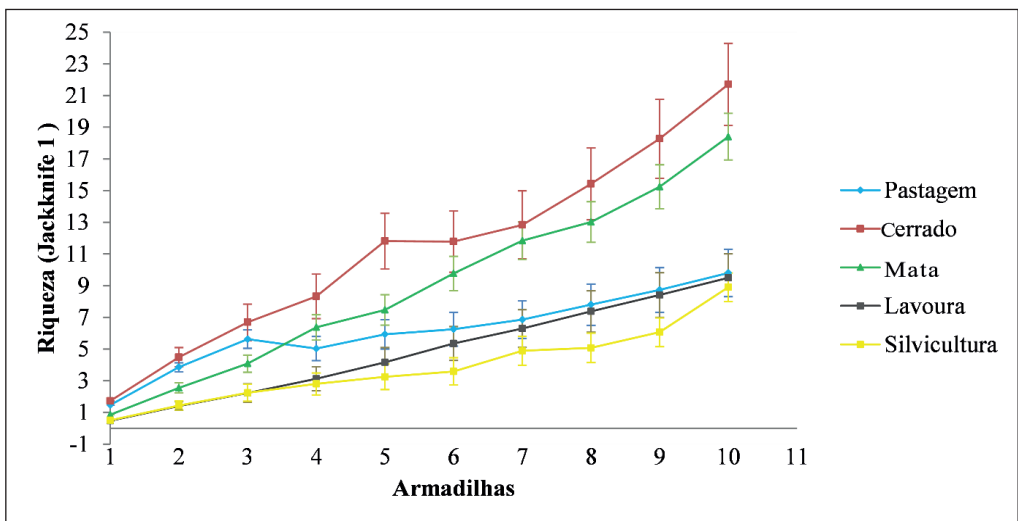


Figura 5. Riqueza Jackknife 1 indicando a ocorrência estimada de espécies das diferentes áreas estudadas, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Os ambientes preservados (mata semidecídua e cerrado *sensu stricto*) apresentaram maior similaridade (sendo comprovado pelo Coeficiente de Correlação Cofenético, CCC = 0,619) entre as áreas amostradas (Figura 6, Tabela 2). O ambiente de pastagem foi a única área antropizada que apresentou similaridade com as áreas preservadas, porém mostrando alto valor de Coeficiente de Correlação Cofenético; CCC= 0.895 (Figura 6, Tabela 2). As áreas de pastagem e silvicultura, apesar de apresentarem maior similaridade entre si obtiveram alto Coeficiente de Correlação Cofenético; CCC= 0.714 (Figura 6; Tabela 2).

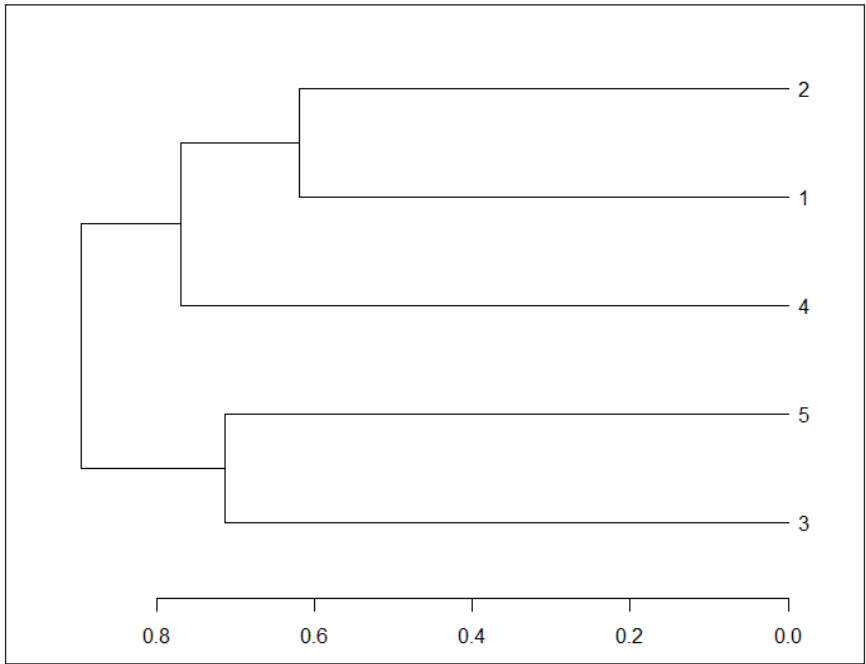


Figura 6 - Dendrograma de Cluster obtido a partir da similaridade de Jaccard entre a comunidade de aranhas epígeas encontrada em cinco pontos de coleta em Uberlândia, MG, Brasil. Cada área está representada por um número= 1- Mata Semidecídua; 2- cerrado *sensu stricto*; 3- lavoura; 4- pastagem; 5-silvicultura. Coeficiência de correlação cofenética = 0,71.

Tabela 2. Matriz com valores do Coeficiente de Jaccard entre as cinco diferentes áreas amostradas em Uberlândia, MG, Brasil. Quando menor o valor do Coeficiente de Jaccard maior será a semelhança entre as áreas.

	mata semidecídua	cerrado <i>sensu stricto</i>	lavoura	pastagem
cerrado <i>sensu stricto</i>	0.6190476			
lavoura	0.8951546	0.8951546		
pastagem	0.7694444	0.7694444	0.8951546	
silvicultura	0.8951546	0.8951546	0.7142857	0.8951546

Discussão

Nesse estudo, confirmamos apenas a hipótese de que ambientes conservados possuem maior abundância de aranhas já que apenas para o ambiente de cerrado *sensu stricto* houve essa comprovação, porém não confirmamos essa hipótese para a riqueza de espécies. Em um levantamento da diversidade de aranhas edáficas realizado no estado de Santa Catarina em diferentes ambientes antrópicos, os pesquisadores comprovaram que no verão, a maior abundância de aranhas encontradas estava no ambiente de floresta nativa, área do estudo menos antropizada²⁰. Os atributos físicos, químicos, abundância e riqueza de aranhas são proporcionais à intensificação do uso do solo, de modo que quanto mais manejado e alterado o ambiente, maiores serão os efeitos na redução da diversidade de aranhas²⁰.

Não confirmamos a hipótese de que a mata semidecídua possuía maior riqueza e abundância de espécies quando comparado à área degradada, pois não encontramos diferença com o ambiente de pastagem. Esse resultado pode estar relacionado à proximidade da pastagem com a mata semidecídua, facilitando a passagem das aranhas entre as duas áreas. Esse fluxo de aranhas entre os ambientes pode ser confirmado pela maior similaridade de aranhas encontrada entre a pastagem e os dois ambientes preservados (cerrado *sensu stricto* e mata semidecídua), em relação às outras áreas antropizadas. Além disso, essa proximidade entre os ambientes degradados e preservados pode contribuir para a diversidade das regiões antropizadas, servindo como refúgio das espécies⁴⁰. O método de coleta utilizado também pode ter influenciado na sobreposição das famílias mais abundantes, que ocorreu entre a área de pastagem e de cerrado *sensu stricto* (Corinnidae e Lycosidae), além disso ambas as famílias possuem apenas representantes da guilda de corredoras de solo.

Apesar do ambiente de lavoura também estar adjacente à mata semidecídua foi encontrado riqueza, abundância baixa e com a similaridade próxima à da área de silvicultura. Isso possivelmente ocorre, pois em áreas de lavouras o solo deve ser preparado para receber o plantio, além do uso sistemático de agrotóxicos para controle de pragas, que podem matar as aranhas ou reduzir populações de outros artrópodes e comprometer toda a cadeia alimentar, afetando as aranhas pelo efeito bottom-up. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos,^{7,41} que também encontraram relação direta entre ambientes contaminados com compostos químicos e redução da biodiversidade de aranhas. Por exemplo, em um estudo,⁴² que os pesquisadores avaliaram a relação entre a degradação do solo e grupos-chave de organismos do solo e observaram que Araneae é fortemente afetada pela intensidade de degradação das paisagens. Assim, um manejo mais adequado do solo em áreas de produção agrícola pode favorecer processos essenciais como o controle biológico de pragas e manutenção dos fluxos de energia no solo.^{19,43}

Encontramos a abundância total e estimativa de riqueza Jackknife 1 maior para o cerrado *sensu stricto* seguido de mata semidecídua. Nossos resultados corroboram com estudo⁴⁴ em que os autores argumentam que, por conta da maior quantidade de arbustos e árvores na mata semidecídua, as aranhas edáficas têm diferentes estratos e numerosos micro habitats, reduzindo os riscos as aranhas serem capturadas pelas armadilhas. Porém, em relação à riqueza essas variações não foram encontradas. Em um levantamento de aranhas edáficas em sistema de uso e manejo do solo em Santa

Catarina¹⁸ observou-se menor diversidade na área de lavoura, corroborando com o presente estudo²⁰. Esse mesmo estudo também realizou levantamento em área de reflorestamento de *Eucalyptus* apresentando a segunda maior diversidade encontrada resultado diferente encontrado no presente estudo.¹⁸ Porém, os resultados apontados por um estudo comparando vários ambientes do bioma Pampa no Brasil, mostrou que ambiente naturais apresentavam maior abundância e riqueza de aranhas quando comparados as lavouras, pastagens, incluindo uma monocultura de *Eucalyptus*⁶.

Nesse presente capítulo foi evidenciado que as curvas de riqueza de espécies não atingiram a estabilização. Isso ocorre porque realizamos apenas uma única coleta. As curvas de riqueza de espécies apenas apresentam uma estabilização (i.e., atinge um ponto em que o aumento do esforço de coleta não implica em um aumento no número de espécie) quando as amostragens tenham sido exaustivas significando que aproximadamente toda a riqueza do local foi amostrada^{35,45-48}. Assim o uso de estimadores não paramétricos como o Jackknife 1 é tido como o melhor a ser utilizado em inventários parciais⁴⁹, como foi nosso levantamento de aranhas edáficas.

As famílias Theridiidae, Corinnidae e Lycosidae apresentaram maior abundância de espécies, o que também corrobora com resultados já obtidos em estudos feitos por outros autores⁴⁹. Theridiidae, por exemplo, inclui aranhas pertencentes à guilda tecedeira de teias espaciais diurna que constroem teias tridimensionais com um traçado irregular de fios e estas teias apresentam, em geral, uma estrutura piramidal que varia desde 2 ou 3cm até cerca de 20cm de diâmetro. Já os representantes de Corinnidae, pertencentes à guilda Corredoras de solo, foram mais abundantes em levantamento de aranhas edáficas em seis ambientes florestais no município de Ilhéus, BA⁵². Segundo estudos realizados por Carvalho e Avelino⁵⁰, realizaram um levantamento de aranhas de solo em quatro fitofisionomias do Bioma Cerrado (mata dos cocais, mata seca semi-decídua primária, mata seca semi-decídua secundária e cerrado típico), em uma fazenda no município de José de Freitas no Piauí. Neste estudo representantes de Zodariidae e Corinnidae apresentaram maior abundância entre as famílias de aranhas encontradas. Soares,⁵¹ realizou um levantamento de aranhas no Bioma de Cerrado maranhense, e em seu trabalho as famílias de aranhas mais abundantes no cerrado *sensu stricto* foram Zodariidae e Corinnidae, sendo a última família representativa também no presente trabalho. Lycosidae, da qual a principal guilda é a de “Corredoras de solo” também se destacou pela abundância em nosso estudo, similarmente aos resultados encontrados por Cunha *et al.*⁵² Em levantamento de aranhas de solo realizado no Cerrado do Triângulo Mineiro por Mineo *et al.*,⁴⁴ os pesquisadores registraram variações nas abundâncias das famílias de aranhas nas diferentes fitossocionomias do Bioma Cerrado, sendo representantes da família Lycosidae as mais abundantes em campo cerrado e mata semidecídua.

No presente estudo realizamos uma única amostragem usando armadilhas de solo para compreender a importância de manter e preservar áreas naturais, pois estes ambientes podem manter maior abundância de aranhas, além de ser fontes de espécies para áreas adjacentes antropizadas. Nesse contexto, estudos de longo prazo da araneofauna de solo possibilitarão compreender com mais robustez a relação entre ambientes nativos e perturbados para ajudar a compreender e minimizar os impactos da comunidade de aranhas que são influenciados pela perturbação humana.

Agradecimentos:

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq (ADB auxílio PQ303903/2019-8) e (JPRB Edital Nº 06/2020 PIBIC EM-CNPq, Bolsa de Iniciação Científica). Agradecemos também ao professor Dr. Alan Nilo da Costa e as discentes do Curso de Ciências Biológicas Jhenyfer Silva e Bárbara Calegari, que foram fundamentais nas coletas e triagem de todo o material biológico do estudo. Agradecemos também a Karoline Pádua de Oliveira, Larissa Nahas, Leonardo Carvalho & Flávio U. Yamamoto, pela permissão do uso das imagens das aranhas.

Referências

- ¹ Platnick, N. I. World Spider Catalog version 22.5. *Natural History Museum Bern* <https://wsc.nmbe.ch/> (2021) doi:10.24436/2.
- ² Mader, V. *et al.* Land use at different spatial scales alters the functional role of web-building spiders in arthropod food webs. *Agric. Ecosyst. Environ.* **219**, 152–162 (2016).
- ³ Liu, S. *et al.* Spider foraging strategy affects trophic cascades under natural and drought conditions. *Sci. Rep.* **5**, (2015).
- ⁴ Cardoso, P., Pekár, S., Jocqué, R. & Coddington, J. A. Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS One* **6**, (2011).
- ⁵ Schmidt-Entling, M. H. & Döbeli, J. Sown wildflower areas to enhance spiders in arable fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* **133**, 19–22 (2009).
- ⁶ Rodrigues, E. N. L., Mendonça, M. de S., Rosado, J. L. O. & Loeck, A. E. Soil spiders in differing environments: Eucalyptus plantations and grasslands in the Pampa biome, southern Brazil. *Rev. Colomb. Entomol.* **36**, 277–284 (2010).
- ⁷ Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J. F., Bouvier, J. C. & Lavigne, C. The impact of landscape composition on the occurrence of a canopy dwelling spider depends on orchard management. *Agric. Ecosyst. Environ.* **215**, 20–29 (2016).
- ⁸ Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858 (2000).
- ⁹ Oliveira, P. & Marquis, R. *The Cerrados of Brazil. The Cerrados of Brazil* (New York: Columbia University Press, 2002). doi:10.7312/oliv12042.
- ¹⁰ Bridgewater, S., Ratter, J. A. & Felipe Ribeiro, J. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodivers. Conserv.* **13**, 2295–2317 (2004).
- ¹¹ Furley, P. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **8**, 223–241 (1999).
- ¹² Espírito-Santo, M. M. *et al.* Understanding patterns of land-cover change in the Brazilian Cerrado from 2000 to 2015. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **371**, 20150435 (2016).

- ¹³ Podgaiski, L. R. & Rodrigues, G. G. Comunidade de aranhas responde a complexidade da serapilheira: Percepções de um experimento de pequena escala em um talhão de pinus exótico. *Iheringia - Ser. Zool.* **107**, (2017).
- ¹⁴ Paquette, A. & Messier, C. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Front. Ecol. Environ.* **8**, 27–34 (2010).
- ¹⁵ MapBiomás. Mapbiomas Brasil. *Project MapBiomás. Collection 5.0 of Brazilian Land Cover and Use Map Series.* plataforma.brasil.mapbiomas.org (2021).
- ¹⁶ Chen, S., Fath, B. D. & Chen, B. Information-based Network Environ Analysis: A system perspective for ecological risk assessment. *Ecol. Indic.* **11**, 1664–1672 (2011).
- ¹⁷ Barsoum, N. *et al.* Ground-dwelling spider (Araneae) and carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) community assemblages in mixed and monoculture stands of oak (*Quercus robur* L./*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *For. Ecol. Manage.* **321**, 29–41 (2014).
- ¹⁸ da Rosa, M. G. *et al.* Diversity of soil spiders in land use and management systems in Santa Catarina, Brazil. *Biota Neotrop.* **19**, (2019).
- ¹⁹ Haase, H. & Balkenhol, B. Spiders (Araneae) as subtle indicators for successional stages in peat bogs. *Wetl. Ecol. Manag.* **23**, 453–466 (2015).
- ²⁰ Mumme, S., Jochum, M., Brose, U., Haneda, N. F. & Barnes, A. D. Functional diversity and stability of litter-invertebrate communities following land-use change in Sumatra, Indonesia. *Biol. Conserv.* **191**, 750–758 (2015).
- ²¹ Balkenhol, B., Hohberg, K. & Pfanz, H. Spiders in mofette fields - Survival of the toughest in natural carbon dioxide springs? *Ecol. Indic.* **69**, 749–757 (2016).
- ²² Wise, D. H. Effects of an experimental increase in prey abundance upon the reproductive rates of two orb-weaving spider species (Araneae: Araneidae). *Oecologia* **41**, 289–300 (1979).
- ²³ Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L. & Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* **22**, 711–728 (2013).
- ²⁴ EMBRAPA. Embrapa Cerrados Embrapa Cerrados. *EMBRAPA CERRADOS 3–5* <http://www.cpac.embrapa.br/unidade/ocerrado/> (2012).
- ²⁵ Sano, S., Almeida, S. de & Ribeiro, J. *Cerrado: ecologia e flora.* (Embrapa Informação Tecnologia, 2008).
- ²⁶ Rizzini, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil : aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.* (Ambito Cultural, 1997).
- ²⁷ Silva, F., Borém, A., Sediyaama, T. & Câmara, G. *Soja: do plantio à colheita.* (Oficina de Textos, 2022).
- ²⁸ Macedo, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Eevolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. in *Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia* 56–84 (2005).

- ²⁹ Ibrahim, M., Villanueva, C. & Mora, J. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. in *Silvopastoralism and sustainable land management. Proceedings of an international congress on silvopastoralism and sustainable management held in Lugo, Spain, April 2004* 13–18 (2009). doi:10.1079/9781845930011.0013.
- ³⁰ Lima, W. P. *O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais*. ARTPRESS (1987).
- ³¹ Stout, J. & Vandermeer, J. Comparison of Species Richness for Stream-Inhabiting Insects in Tropical and Mid-Latitude Streams. *Am. Nat.* **109**, 263–280 (1975).
- ³² Dias, S. C., Brescovit, A. D., Couto, E. C. G. & Martins, C. F. Species richness and seasonality of spiders (Arachnida, Araneae) in an urban Atlantic Forest fragment in Northeastern Brazil. *Urban Ecosyst.* **9**, 323–335 (2006).
- ³³ Halekoh, U., Højsgaard, S. & Yan, J. The R package geepack for generalized estimating equations. *J. Stat. Softw.* **15**, 1–11 (2006).
- ³⁴ Lenth, R. emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means. *R Packag. version 1.4.5* <https://cran.r-project.org/package=emmeans> (2020).
- ³⁵ Colwell, R. K. & Coddington, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **345**, 101–118 (1994).
- ³⁶ Toti, D. S., Coyle, F. A. & Miller, J. A. A structured inventory of Appalachian grass bald and heath bald spider assemblages and a test of species richness estimator performance. *J. Arachnol.* **28**, 329–345 (2000).
- ³⁷ Cowell, R. K. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Ver. 7.5. 0. (2005).
- ³⁸ Oksanen, J. *et al.* The vegan package. *Community Ecol. Packag.* **10**, 719 (2007).
- ³⁹ Dias, S. C., Carvalho, L. S., Bonaldo, A. B. & Brescovit, A. D. Refining the establishment of guilds in Neotropical spiders (Arachnida: Araneae). *J. Nat. Hist.* **44**, 219–239 (2010).
- ⁴⁰ Melo, T. S. *et al.* Influence of Urban Landscape on Ants and Spiders Richness and Composition in Forests. *Neotrop. Entomol.* **50**, 32–45 (2021).
- ⁴¹ Mansour, F. & Nentwig, W. Effects of agrochemical residues on four spider taxa: Laboratory methods for pesticide tests with web-building spiders. *Phytoparasitica* **16**, 317–325 (1988).
- ⁴² de Araújo, A. S. F., Eisenhauer, N., Nunes, L. A. P. L., Leite, L. F. C. & Cesarz, S. Soil Surface-Active Fauna in Degraded and Restored Lands of Northeast Brazil. *L. Degrad. Dev.* **26**, 1–8 (2015).
- ⁴³ Brunbjerg, A. K. *et al.* Disturbance in dry coastal dunes in Denmark promotes diversity of plants and arthropods. *Biol. Conserv.* **182**, 243–253 (2015).
- ⁴⁴ Mineo, M. F., Del-Claro, K. & Brescovit, A. D. Seasonal variation of ground spiders in a Brazilian Savanna. *Zoologia* **27**, 353–362 (2010).

- ⁴⁵ Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. **4**, 379–391 (2001).
- ⁴⁶ Hortal, J., Borges, P., ecology, C. G.-J. of animal & 2006, undefined. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *Wiley Online Libr.* **75**, 274–287 (2006).
- ⁴⁷ SANTOS, A. J. Estimativas de riqueza em espécies. In: in *Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre*. (eds. Jr., L. C., Valladares-Pádua, C. & Rudran, R.) 665 (UFPR Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003).
- ⁴⁸ Magurran, A. E. *Medindo A Diversidade Biológica*. Editora UFPR vol. 1 (Ed. UFPR, 2011).
- ⁴⁹ Ott, A. P., Ott, R. & Wolff, V. R. S. Araneofauna of Valência orange orchards at the Caí and Taquari Valleys, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia - Ser. Zool.* **97**, 321–327 (2007).
- ⁵⁰ Carvalho, L. S. & Avelino, M. T. L. Composition and diversity of the spider fauna (Arachnida, Araneae) from Nazareth Farm, José de Freitas Municipality, Piauí, Brazil. *Biota Neotrop.* **10**, 21–31 (2010).
- ⁵¹ Soares, F. I. L. *et al.* Estudo da composição e abundância de aranhas (ARACHNIDA: ARANEAE) de solo em duas fitofisionomias do cerrado, Maranhão, Brasil. *Rev. Geociências do Nord.* **6**, 95–105 (2020).
- ⁵² Cunha Neto, F. V. da, Correia, M. E. F., Pereira, G. H. A., Pereira, M. G. & Leles, P. S. dos S. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. *Rev. Bras. Cienc. do Solo* **36**, 1407–1417 (2012).

CAPÍTULO 5

DIVERSIDADE DE AVES NA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

*Oswaldo Marçal Júnior
Alexandre Gabriel Franchin
Eduardo França Alteff*

Introdução

Há milhares de anos, a humanidade vem empregando aves para os mais variados fins, mas o nosso interesse por esses animais vai muito além do utilitarismo^{1,2,3}. As aves têm sido registradas desde a pré-história, estampadas em paredões, grutas e cavernas de diferentes sítios arqueológicos ao redor do planeta, destacando-se as gravuras de aves de rapina e aquáticas na Gruta de Lascaux^{4,5,6}; as pinturas rupestres de corujas, na Caverna de Chauvet-Pont d'Arc⁷, ambas na França; e os desenhos de jaburus e flamingos encontrados nas cavernas de Lagoa Santa e de São Rafael, no Brasil^{5,8,9}. Com a criação da escrita, as aves foram definitivamente incorporadas à cultura humana, passando a ser presença constante nas religiões, nas artes, na literatura e na mitologia^{1,3,4,10}. A partir da nova percepção de mundo surgida na Antiguidade Clássica¹¹, elas também foram transformadas em objetos de estudo da filosofia/ciência. Nesse sentido, desponta a figura de Aristóteles (384-322 A.C.), autor de obras como a “A História dos Animais”, que permaneceu como a principal referência da ornitologia, o estudo das aves, por quase 2.000 anos^{4,10,12}. Desde então, muita coisa mudou no nosso conhecimento sobre as aves, e a ornitologia se consolidou como um importante ramo da Ciência^{4,10,13}. De fato, aves constituíram uma das peças-chaves na formulação da mais revolucionária das teorias biológicas, a evolução das espécies pelo mecanismo de seleção natural^{14,15}, assim como foram fundamentais para elaboração e compreensão de diversos conceitos científicos, entre os quais: biogeografia, migração, territorialidade, sistemas de acasalamento, seleção sexual, seleção de parentesco, cuidado parental e cooperação^{13,15,16}.

O surgimento das aves nos remete ao período Mesozoico, era na escala de tempo geológico que foi dominada pelos répteis (entre 251 e 65,5 milhões de anos atrás). Acredita-se que as aves tenham surgido há cerca de 150 milhões de anos, originando-se de um grupo réptil altamente especializado, os terópodos^{3,17,18,19,20}. Após a extinção em massa ocorrida no final do período Cretáceo, há 65 milhões de anos, que resultou no desaparecimento de dinossauros e de muitos outros grupos de organismos, aves e mamíferos iniciaram uma rápida irradiação ou radiação adaptativa, por meio de diferentes processos de especiação. Desse modo, no intervalo de 50 milhões de anos, surgiram milhares de espécies de aves e de mamíferos, que se transformaram nos novos grupos dominantes da Terra^{18,19,20}.

Aves são facilmente distinguidas dos outros seres vivos por suas estruturas de revestimento, as penas. Essas modificações da pele têm a mesma natureza das escamas dos répteis, mas diferenciam-se por serem filamentosas, moles, leves, flexíveis e móveis^{1,3,17}. A sua origem ainda é controversa; contudo, estudos sobre a biologia do desenvolvimento nos permitem afirmar que as penas surgiram entre osterópodos, um grupo de dinossauros bípedes, e evoluíram para estruturas mais complexas entre as aves^{1,3,17,19}.

As penas são comumente classificadas de acordo com a sua localização, estrutura e função. As mais típicas são as tetrizes, ou penas de contorno, que recobrem a maior parte do corpo das aves; as rêmiges, ou penas de voo, que cobrem as asas; e as retrizes, ou penas da cauda, todas caracterizadas por uma região penácea bem desenvolvida. Mas há uma enorme variedade delas, entre as quais: as penas de baixo, que não possuem região penácea; as penas rictais ou vibrissas, localizadas na base do bico e com função sensorial; e as penas auriculares, modificadas e inseridas na abertura auditiva. Elas também variam na forma, podendo ser simétricas, assimétricas, entalhadas ou dentadas¹. A plumagem (conjunto de penas) de uma ave contém milhares de penas, que são trocadas periodicamente (mudas) e que pesam mais do que o seu próprio esqueleto³. São estruturas essenciais para as aves, tendo múltiplas funções, principalmente: proteção, comunicação visual, isolamento térmico (termorregulação) e voo^{1,3}.

A adaptação ao voo é a principal tendência na evolução das aves, o que é revelado por diversas características. As mais evidentes são a modificação dos membros anteriores em asas e o desenvolvimento das penas. As asas e, essencialmente, as rêmiges (primárias, secundárias e, por vezes, terciárias) são as estruturas que fornecem a sustentação necessária para que uma ave possa voar. Note-se que as retrizes também auxiliam o voo, no seu controle (equilíbrio e direção) e na frenagem aerodinâmica^{1,3}. Outras características adaptativas importantes associadas ao voo são: esqueleto forte, leve e flexível, com extensa fusão de ossos; coração com quatro câmaras e separação completa entre sangue venoso e arterial; mecânica complexa de respiração pulmonar; sacos aéreos e ossos pneumáticos, contendo ar; bicos córneos e a ausência de dentes; e ausência de bexiga urinária (resíduos nitrogenados são eliminados na forma de ácido úrico, junto com as fezes). Vale destacar ainda o fato de todas as aves serem ovíparas e incubarem seus ovos fora do corpo. Tais adaptações concorrem para reduzir o peso e oferecer respostas mais eficientes às altas demandas metabólicas exigidas pelo voo das aves^{1,2,3,13}.

Com exceção de algumas poucas espécies (p.ex. avestruzes, emas e pinguins), aves mostram grande habilidade de voo e muitas delas se deslocam por longas distâncias (dezenas de milhares de quilômetros) e por períodos consideráveis (até cem horas, sem parar); algumas podem até mesmo alcançar altas velocidades e altitudes elevadas^{1,3,13}. Logo, não é surpresa que elas tenham uma enorme capacidade de dispersão e possam ultrapassar barreiras físicas que são intransponíveis para outros organismos, o que resulta em uma ampla distribuição geográfica^{3,13}. Mas essa distribuição também se deve a motivos menos óbvios. Aves são animais endotérmicos (geram seu próprio calor) e homeotérmicos (controlam a temperatura corporal), de forma que elas podem se adaptar a temperaturas mais extremas, além de suportar amplitudes térmicas muito maiores do que seus ancestrais reptilianos. Outro ponto crucial foi a evolução do ovo amniótico, surgido nos répteis e herdado pelas aves, o que possibilitou que todo o desenvolvimento embrionário se processasse no interior dos ovos, eliminando a dependência do ambiente aquático para a reprodução e, assim, possibilitando a conquista de ambientes até então inexplorados. Graças a essas mudanças adaptativas, as aves puderam se estabelecer em diferentes latitudes e altitudes, suportando diversas condições climáticas e ambientais. Desta forma, elas ocupam os cinco continentes e os mares da Terra, sendo encontradas em quase todos os tipos de ambientes, terrestres e aquáticos, e estratos aéreos^{1,2,3,13}.

De modo geral, as aves têm ampla distribuição, mas isso varia bastante de espécie para espécie. Existem espécies endêmicas, ou seja, que estão restritas a um

determinado local, como acontece com as cinco espécies de kiwi (*Apteryx* spp.), presentes, exclusivamente, na Nova Zelândia (são um símbolo nacional daquele país), e com o pato-mergulhão, *Mergus octosetaceus*, encontrado somente em algumas poucas localidades brasileiras, como a Serra da Canastra, em Minas Gerais, e a Chapada dos Veadeiros, em Goiás^{3,13,21}. Outras têm distribuição mais abrangente, como o curiango ou bacurau, *Nyctidromus albicollis*, encontrado em todo o Brasil; a andorinha-pequena-de-casa, *Pygochelidon cyanoleuca*, presente desde a Costa Rica até a Terra do Fogo; e o chapim-real, cuja distribuição inclui tanto a Europa como a Ásia. Há ainda aquelas são encontradas em praticamente todos os pontos do planeta, conhecidas como cosmopolitas. Esse é o caso da garça-vaqueira, *Bubulcus ibis*; do falcão-peregrino, *Falco peregrinus*; e da águia-pescadora, *Pandion haliaetus*, espécies que ocorrem em todos os continentes^{3,13,22}.

Atualmente, são reconhecidas 11.158 espécies de aves no mundo, o que representa o dobro das espécies de mamíferos^{23,24}. As aves constituem um táxon superior da classificação animal, a classe Aves (superclasse Tetrapoda, subfilo Vertebrata, Filo Chordata, Reino Animalia), composta por cerca de 40 ordens e mais de 240 famílias e 2.300 gêneros³. O maior número de espécies é encontrado no continente americano, com grande destaque para a América do Sul, onde há 2.920 espécies². Os três países com as avifaunas mais ricas são Colômbia, Brasil e Peru²⁴. No Brasil, são registradas 1.971 espécies²⁵.

Além de um grande número de espécies, as aves são muito abundantes, estimando-se que existam cerca de 50 bilhões de indivíduos no planeta. A espécie *Passer domesticus*, o pardal, é considerada a mais numerosa, com 1,5 bilhão de indivíduos²⁶. É bem verdade que alguns grupos apresentam populações relativamente pequenas, como os tinamídeos, representados pelo macuco, *Tinamus solitarius*. Outras aves, como as andorinhas, os marrecos, os gansos, os flamingos, os andorinhões e as gaivotas, podem formar bandos enormes, com centenas, milhares ou até milhões de indivíduos^{3,13}. Na América do Norte e na Eurásia encontram-se várias espécies, cujas populações são estimadas em mais de 100 milhões de indivíduos, incluindo: robin-americano, *Turdus migratorius*; chapim-de-capa-preta; *Parus atricapillus*; e petinha-das-árvores, *Anthus trivialis*¹³.

O número de espécies e a abundância são dois elementos básicos da estrutura de uma comunidade. Os índices de diversidade de espécies embutem e ponderam esses dois componentes, motivo pelo qual são os melhores instrumentos de avaliação das comunidades. O índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (e não Weaver!), um dos mais utilizados, é calculado com base na riqueza de espécies, ou seja, no número de espécies da comunidade e na equidade, um índice de abundância relativa que mede a uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as populações da comunidade (daí o outro nome deste componente, uniformidade)^{27,28,29}. Ambos têm peso na determinação da diversidade de espécies; porém, na maioria dos estudos, somente a riqueza é determinada, sendo tomada como um indicador mais simples dessa diversidade²⁷. Neste capítulo adotaremos essa mesma conduta, utilizando a riqueza e a composição de espécies como parâmetros da diversidade de aves em uma área do Cerrado.

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando quase 25% do território nacional^{30,31}. Sua vegetação, em sentido amplo (*lato sensu*), é formada por

várias fitofisionomias, que vão das formações campestres (p.ex. campo limpo, campo sujo e campo cerrado) às florestais (p.ex. cerradão e mata de galeria)³². É uma das três principais savanas tropicais do mundo e, provavelmente, a mais ameaçada delas^{33,34}, estimando-se que mais de 50% das suas formações naturais já tenham sido degradadas³³. O bioma concentra a flora mais rica do mundo e uma grande diversidade de espécies de animais, com alto endemismo para grupos, como plantas vasculares e anfíbios^{30,33}. Trata-se de uma área prioritária para conservação, em nível global³⁴, cuja avifauna é composta por mais de 850 espécies, incluindo aves que desempenham papéis ecológicos fundamentais para o funcionamento de diferentes ecossistemas terrestres e aquáticos³⁵.

O objetivo deste trabalho foi revisar e avaliar a estrutura e composição da comunidade de aves da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. Empregando uma abordagem evolutiva, procuramos trazer informações que permitam vislumbrar a diversidade da avifauna da reserva, bem como conhecer alguns aspectos da história, da evolução, da biologia, da ecologia e da conservação deste importante grupo vertebrado.

Metodologia

Área de estudo

A Reserva Ecológica do Panga (REP) é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia (Portaria IBAMA nº 072/97 de 4 de junho de 1997). Está inserida no Domínio do Cerrado³⁶, possuindo uma área de 409,57 ha, localizada ao sul do município de Uberlândia, estado de Minas Gerais, às margens da rodovia MG-455 (Uberlândia-Campo Florido). Como uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, tem por objetivo: “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais”³⁷. De acordo com um estudo da Confederação Nacional das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (CNRPPNs), Minas Gerais tem o maior número de RPPNs do país (356 reservas), protegendo 247 mil hectares de áreas naturais dos três biomas existentes no Estado: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica³⁷. A REP é uma das poucas unidades de conservação na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, o que, por si só, demonstra a sua importância para a proteção da biodiversidade do Cerrado na região³⁶.

Na REP estão representadas sete fitofisionomias de Cerrado: cerrado sentido restrito (incluindo as variações de cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo), cerradão (distrófico e mesotrófico), mata seca semidecídua, mata de galeria, campo sujo, campo úmido e veredas. As formações savânicas são predominantes, com destaque para o cerrado típico e para o cerrado ralo, que ocupam 71,08% da área total da reserva (36,84% e 34,24%, respectivamente). Áreas modificadas pelo homem (antropizadas) correspondem a 0,14%, excluindo-se aqui as estradas de terra que dão acesso aos vários pontos da reserva³⁸ (Figura 1).

A altitude média da REP é de 800m e o clima da área é do tipo Aw megatérmico, segundo classificação de Köppen, com “inverno” seco (maio a setembro) e “verão” chuvoso (outubro a abril). A temperatura média anual é de 22°C e a pluviosidade gira em torno de 1.500 mm^{39,40,41}. A matriz de entorno é composta por pastagens e áreas agrícolas, contendo fragmentos de vegetação nativa dispersos⁴².



Figura 1. Reserva Ecológica do Panga, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia, Minas Gerais), destacando diferentes fitofisionomias do Cerrado. Do canto superior esquerdo, no sentido horário: Cerrado *stricto sensu*, Mata Mesófila (com campo sujo, em primeiro plano), Vereda (ao fundo) e Cerradão (interior). Fotos: A.G.F.

Fontes de informação e bases de dados

Todas as informações sobre a comunidade de aves da REP foram obtidas da literatura científica (pesquisa bibliográfica). Para confecção da lista final de espécies foram utilizados somente os trabalhos que forneceram dados sobre a composição da avifauna na reserva, publicados até 2021^{43,44,45,46,47}. Por esse critério de inclusão, não foram considerados outros tipos de investigação realizados com as aves da REP, como os trabalhos de interações ave-planta^{48,49}.

O estudo de Oniki & Willis⁴³ sobre a avifauna do Panga foi desenvolvido apenas em áreas de cerrado, enquanto os trabalhos de Marini⁴⁴ e de Melo⁴⁵ incluíram, exclusivamente, formações florestais. Os levantamentos realizados por Marçal Júnior *et al.*⁴⁶ e Alteff & Marçal Júnior⁴⁷ na REP abrangeram períodos de tempo mais extensos e incluíram as principais fitofisionomias do Cerrado, motivos pelos quais constituíram as fontes de dados primárias para elaboração deste capítulo.

No levantamento avifaunístico conduzido por Marçal Júnior *et al.*⁴⁶ foram realizadas 13 campanhas de campo, no período de 2006 a 2008. Foi aplicado o método de amostragem por transectos não lineares⁵⁰. Foram realizadas 216 horas de observações, que abrangeram as seguintes fitofisionomias: mata mesófila, cerradão, cerrado sentido restrito, campo e veredas. Capturas com redes de neblina foram realizadas como método complementar de estudo, com um esforço de 35 horas. Com exceção de beija-flores (Trochilidae), todas as aves capturadas e passíveis de identificação foram marcadas com anilhas fornecidas pelo CEMAVE/IBAMA (autorizações de nº 1363 e 2984), sob responsabilidade de AGF.

O trabalho de Alteff & Marçal Júnior⁴⁷, que compôs a dissertação de Mestrado do primeiro autor, foi realizado entre 2007 e 2008, com a aplicação do método de Listas de Mackinnon⁵¹. Foram confeccionadas listas com 10, 15 e 20 espécies. A listagem final de espécies incluiu as observações feitas durante a calibragem do método e do período efetivo de montagem das listas, com 300 horas de esforço amostral. Nesse estudo, também foram calculadas estimativas da riqueza de espécies, com base nos dados de campo, utilizando os seguintes estimadores não paramétricos: ICE, Chao1, Chao2, Jackknife1, Jackknife 2 e Bootstrap⁵².

Neste trabalho, adotamos a seguinte classificação para análise de uso do hábitat: A) espécies aquáticas; C1) espécies exclusivamente (tipicamente) campestres; C2) espécies essencialmente (facultativamente) campestres; F1) espécies exclusivamente (tipicamente) florestais; F2) espécies essencialmente (facultativamente) florestais^{53,54}. As guildas tróficas (alimentares) foram definidas com base na dieta preferencial de cada espécie, sendo utilizadas as seguintes categorias: insetívoras (INS), onívoras (ONI), carnívoras (CAR), frugívoras (FRU), granívoras (GRA), nectarívoras (NEC) e detritívoras (DET)^{55,56,57}. Fontes especializadas foram utilizadas também para definição das categorias de: Estrato de Forrageamento (A – aéreo; B – baixo; D – dossel; M – médio; S – superfície da água; T – terrestre. UH); Sensibilidade a distúrbio (A – alta; M – média; B – baixa); Status de Conservação e Endemismo^{58,59,60,61,62,63,64}. A nomenclatura e a sistemática seguiram as recomendações, de 2021, do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO²⁵.

Estrutura e composição da comunidade de aves

Riqueza de espécies

Houve um crescimento contínuo nos registros da riqueza de espécies de aves da REP, entre 1993 e 2009 (Tabela 1). O maior incremento relativo no número de espécies (%) foi verificado no período 1993-2001. É preciso ponderar que o estudo de Oniki & Willis⁴³ foi restrito a capturas esporádicas⁴⁶. Em termos absolutos, o grande aumento na riqueza de espécies foi registrado entre os trabalhos de Mello⁴⁵ e Marçal Júnior *et al.*⁴⁶, quando 105 novas espécies foram incorporadas à lista de aves da reserva. Diferenças metodológicas, sobretudo no que diz respeito à quantidade e à variedade de áreas pesquisadas, bem como ao esforço amostral, ajudam a explicar esses resultados.

Tabela 1. Registros do número de espécies de aves na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, MG.

Referência	Número de espécies	Incremento do n° espécies (%)*.
Oniki & Willis (1993)	24	-
Marini (2001)	64	40 (167)
Melo (2003)	126	62 (97)
Marçal Junior <i>et al</i> (2009)	231	105 (83)
Alteff & Marçal Júnior (2009)	235	4 (2)

*. Aumento sobre o número prévio.

Com o número de espécies de aves da REP sendo ampliado a cada nova pesquisa, é natural que as maiores riquezas tenham sido registradas nos últimos levantamentos realizados na reserva. Marçal Júnior *et al.*⁴⁶ e Alteff & Marçal Júnior⁴⁷ empregaram metodologias distintas, mas apresentaram resultados semelhantes, com uma diferença na riqueza de espécies de menos de 2%. Vale destacar que esses autores anotaram todas as espécies encontradas nos levantamentos anteriores^{43,44,45}, com exceção de *Elaenia parvirostris* e *E. chiliensis*, registradas apenas por Oniki & Willis⁴³. Marçal Júnior *et al.*⁴⁶ não registraram 20 das 235 espécies observadas por Alteff & Marçal Júnior⁴⁷. Em contrapartida, esses não observaram 16 das 231 espécies encontradas por Marçal Júnior *et al.*⁴⁶. Os estimadores de riqueza de espécies utilizados por Alteff & Marçal Júnior⁴⁷ demonstraram que seus dados de campo corresponderam a, no mínimo, 94-96% do número de espécies de aves esperado para a REP; ou seja, entre 244 a 249 espécies. Os mesmos autores indicaram que a curva do coletor (ou de rarefação) não se estabilizou, mas que a tendência de aumento na riqueza foi baixa.

Os resultados mostram que 253 espécies de aves estão presentes na REP e acreditamos que essa riqueza seja significativa, na medida em que representa 30% das 856 espécies de aves encontradas no bioma Cerrado^{35,53}. Tal resultado se mostra ainda mais expressivo, se considerarmos que a área da reserva é relativamente pequena, quando comparada às outras unidades de conservação em Minas Gerais³⁷. Ressaltamos que uma das principais tendências de aumento da diversidade é sua relação diretamente proporcional com a área^{27,28}.

Entre os vários fatores que podem explicar a riqueza de espécies de aves registrada na REP, destacamos a presença das várias fitofisionomias de Cerrado, já que a diversidade de espécies acompanha a variedade de nichos²⁸. A heterogeneidade espacial tem sido apontada como uma das principais causas da riqueza de espécies, pois ambientes heterogêneos fornecem um número maior de microhabitats e, conseqüentemente, de recursos que podem ser explorados por diferentes espécies^{28,29}. Outros estudos revelam que a complexidade da vegetação é fundamental para manutenção de comunidades de aves^{55,65}.

Composição taxonômica

A comunidade de aves da REP é composta por 25 ordens, 55 famílias e 209 gêneros (Tabela 2). A ordem Passeriformes é a mais representativa, com 141 espécies (25 famílias). Esse era um resultado esperado, pois mais da metade das espécies de aves do mundo estão incluídas neste grupo^{2,3}. Entre Passeriformes estão algumas aves bem conhecidas, como o bem-te-vi, *Pitangus sulphuratus*; o João-de-Barro, *Furnarius rufus*; o Sabiá-laranjeira, *Turdus rufiventris*; e o Canário-da-terra, *Sicalis flaveola*. Mas também algumas aves que certamente são pouco comuns para o público, em geral, tais como: o Japu, *Psarocolius decumanus*; a Pipira-da-taoca, *Eucometis penicillata*; a Cigarra-do-campo, *Neothraupis fasciata*; e o Udu-de-coroa-azul, *Momotus momota* (Figura 2). Outras ordens notáveis na REP são constituídas por gaviões (Accipitriformes); andorinhões e beija-flores (Apodiformes); e periquitos, papagaios e araras (Psittaciformes) (Figura 3).

Tabela 2. Espécies de aves registradas na Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia, Minas Gerais).

Ordem	Família	Espécie	Nome em Português	Dieta	Habitat Típico	Estrato de forrageamento	Sensibilidade	IUCN- 2018	ICMBio- 2018 (Brasil)	COPAM- 2010 (MG)
Rheiformes	Rheidae	<i>Rhea americana</i>	ema	ONI	C1	Terrestre	B	NT	LC	-
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus undulatus</i>	jaó	ONI	F2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Crypturellus parvirostris</i>	inhambu-chororó	ONI	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Rhynchotus rufescens</i>	perdiz	ONI	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Nothura maculosa</i>	codorna-amarela	ONI	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna viduata</i>	irerê	ONI	A	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Amazonetta brasiliensis</i>	marreca-ananai	ONI	A	Sup. da Água	B	LC	LC	-
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope superciliosus</i>	jacupemba	FRU	F2	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Crax fasciolata</i>	mutum-de-penacho	FRU	F2	Terrestre	M	VU	LC	EN
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	mergulhão-pequeno	CAR	A	Sup. da Água	M	LC	LC	-
		<i>Podilymbus podiceps</i>	mergulhão-caçador	ONI	A	Sup. da Água	M	LC	LC	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas picazuro</i>	pomba-asa-branca	FRU	C2	Dossel	M	LC	LC	-
		<i>Patagioenas cayennensis</i>	pomba-galega	FRU	C2	Dossel	M	LC	LC	-
		<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu	FRU	F2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
		<i>Leptotila rufaxilla</i>	juriti-de-testa-branca	GRA	F2	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Zenaidura macroura</i>	avoante	GRA	C1	Terrestre/Médio	B	LC	LC	-
		<i>Columbina talpacoti</i>	rolinha-roxa	GRA	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Columbina squammata</i>	rolinha-fogo-apagou	GRA	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Guiraca guiraca</i>	anu-branco	CAR	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Crotophaga ani</i>	anu-preto	CAR	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
		<i>Tapera naevia</i>	saci	CAR	F2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-

Nyctibiiformes	<i>Piaya cayana</i>	alma-de-gato	CAR	F2	Dossel	B	LC	LC	-	
Caprimulgiformes	<i>Nyctibius griseus</i>	urutau	INS	C2	Dossel	B	LC	LC	-	
	<i>Antrostomus rufus</i>	joão-corta-pau	INS	F2	Terrestre	B	LC	LC	-	
	<i>Hydropsalis parvula</i>	bacarau-chintã	INS	C1	Terrestre	B	LC	LC	-	
	<i>Nyctidromus albicollis</i>	bacarau	INS	F2	Terrestre	B	LC	LC	-	
	<i>Hydropsalis torquata</i>	bacarau-tesoura	INS	F2	Terrestre	B	LC	LC	-	
	<i>Podager nacunda</i>	coruçã	INS	A	Terrestre	B	LC	LC	-	
	Apodiformes	<i>Streptoprocne zonaris</i>	taperuçã-de-coleira-branca	INS	C2	Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Chaetura meridionalis</i>	andorinhão-do-temporal	INS	C2	Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Tachornis squamata</i>	andorinhão-do-buriti	INS	C2	Sup. da Água	B	LC	LC	-
		Trochilidae	<i>Florisuga fusca</i>	beija-flor-preto	NEC	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC
<i>Phaethornis pretrei</i>			rabo-branco-acanelado	NEC	F2	Subosque	B	LC	LC	-
Nyctibiidae		<i>Colibri serrirostris</i>	beija-flor-de-orelha-violeta	NEC	F2	Subosque/Médio	B	LC	LC	-
		<i>Heliactin bilophus</i>	chifre-de-ouro	NEC	C2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
		<i>Helimaster squamosus</i>	bico-reto-de-banda-branca	NEC	F2	Dossel	M	LC	LC	-
		<i>Calliphlox amethystina</i>	estrelinha-ametista	NEC	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-
		Chlorostilbon lucidus		besourinho-de-bico-vermelho	NEC	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC
	<i>Thalurania furcata</i>		beija-flor-tesoura-verde	NEC	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
	<i>Eupetomena macroura</i>	beija-flor-tesoura	NEC	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-	
	<i>Chrysornis versicolor</i>	beija-flor-de-banda-branca	NEC	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-	
	<i>Chionomesa fimbriata</i>	beija-flor-de-garganta-verde	NEC	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-	

Gruiformes	Rallidae	<i>Rufirallus viridis</i>	sanã-castanha	ONI	F2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Lateralallus melanophaius</i>	sanã-parda	ONI	F2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Micropygia schomburgkii</i>	maxalalagá	ONI	C1	Terrestre	A	LC	NT	EN
		<i>Mustelirallus albicollis</i>	sanã-carijó	ONI	C1	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Pardirallus nigricans</i>	saracura-sanã	ONI	F2	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Amaurolimnas concolor</i>	saracura-lisa	ONI	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
		<i>Aramides cajaneus</i>	saracura-três-potes	ONI	F2	Terrestre	A	LC	LC	-
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	quero-quero	ONI	A	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Gallinago undulata</i>	narcejão	ONI	A	Terrestre	A	LC	DD	-
Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	cabeça-seca	ONI	A	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	VU
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Nannopterum brasilianum</i>	biguá	ONI	A	Sup. da Água	B	LC	LC	-
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides striata</i>	socozinho	ONI	A	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Bubulcus ibis</i>	garça-vaqueira	ONI	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
		<i>Ardea alba</i>	garça-branca-grande	ONI	A	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Syrigma sibilatrix</i>	maria-faceira	INS	C2	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Egretta thula</i>	garça-branca-pequena	ONI	A	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
	Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	coró-coró	ONI	F2	Terrestre	M	LC	LC	-
		<i>Theristicus caudatus</i>	curicaca	ONI	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
Cathartiformes	Cathartidae	<i>Sarcorampus papa</i>	urubu-rei	DET	F2	Terrestre/Sup. da Água	M	LC	NT	-
		<i>Coragyps atratus</i>	urubu-preto	DET	C2	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Cathartes aura</i>	urubu-de-cabeça-vermelha	DET	C2	Terrestre/Sup. da Água	B	LC	LC	-
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Eltanus leucurus</i>	gavião-peneira	CAR	C1	Dossel/Sup. da Água	B	LC	LC	-
		<i>Leptodon cayanensis</i>	gavião-gato	CAR	F2	Dossel	M	LC	LC	-
		<i>Spizaetus tyrannus</i>	gavião-pega-macaco	CAR	F2	Dossel	M	LC	LC	EN
		<i>Ictinia plumbea</i>	sovi	INS	F2	Dossel/Sup. da Água	M	LC	LC	-

	<i>Accipiter bicolor</i>	gavião-bombachinha-grande	CAR	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Geranospiza caerulescens</i>	gavião-pernilongo	CAR	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Heterospizias meridionalis</i>	gavião-caboclo	CAR	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Rupornis magnirostris</i>	gavião-carijó	CAR	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	gavião-de-rabo-branco	CAR	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
	<i>Buteo nitidus</i>	gavião-pedrés	CAR	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Buteo brachyurus</i>	gavião-de-cauda-curta	CAR	F2	Dossel/Sup. da Água	M	LC	LC	-
	<i>Megascops choliba</i>	corujinha-do-mato	CAR	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Bubo virginianus</i>	jacurutu	CAR	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	caburé	CAR	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Athene cucularia</i>	coruja-buraqueira	INS	C1	Terrestre	M	LC	LC	-
	<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	juruva	FRU	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
	<i>Momotus momota</i>	udu-de-coroa-azul	FRU	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
	<i>Chloroceryle americana</i>	martim-pescador-pequeno	CAR	A	Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Galbula ruficauda</i>	ariramba-de-cauda-ruiva	INS	F2	Médio	B	LC	LC	-
	<i>Monasa nigrifrons</i>	chora-chuva-preto	INS	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Nystalus maculatus</i>	rapazinho-dos-velhos	INS	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Nystalus chacuru</i>	joão-bobo	INS	C1	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Ramphastos toco</i>	tucanuçu	ONI	C2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Pteroglossus castanotis</i>	araçari-castanho	ONI	C2	Dossel	A	LC	LC	EN
	<i>Picumnus albosquamatus</i>	picapauzinho-escamoso	INS	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Melanerpes candidus</i>	pica-pau-branco	INS	C2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-

	<i>Veniliornis passerinus</i>	pica-pau-pequeno	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Campephilus melanoleucos</i>	pica-pau-de-topete-vermelho	INS	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Dryocopus lineatus</i>	pica-pau-de-banda-branca	INS	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Colaptes melanochloros</i>	pica-pau-verde-barrado	INS	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Colaptes campestris</i>	pica-pau-do-campo	INS	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
Cariamiformes	<i>Cariama cristata</i>	seriema	ONI	C1	Terrestre	M	LC	LC	-
Falconiformes	<i>Herpetotheres cachimans</i>	acauã	CAR	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Micrastur semitorquatus</i>	falcão-relógio	CAR	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Caracara plancus</i>	carcará	CAR	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
	<i>Milvago chimachima</i>	carrapateiro	CAR	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Falco sparverius</i>	quiriquiri	CAR	C1	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Falco femoralis</i>	falcão-de-coleira	CAR	C1	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
Psittaciformes	<i>Brotogeris chiriri</i>	periquito-de-encontro-amarelo	FRU	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Alipioptitta xanthops</i> CE	papagaio-galego	FRU	C2	Dossel	M	NT	NT	-
	<i>Amazona aestiva</i>	papagaio-verdadeiro	FRU	C2	Dossel	M	NT	NT	-
	<i>Amazona amazonica</i>	curica	FRU	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Forpus xanthopterygius</i>	tuim	FRU	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Eupsittula aurea</i>	periquito-rei	FRU	C2	Subosque/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Aratinga auricapillus</i>	jandaia-de-testa-vermelha	FRU	C2	Dossel	M	NT	LC	-
	<i>Orthopsittaca manilatus</i>	maracanã-do-buriti	FRU	C2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Ara ararauna</i>	arara-canindé	FRU	C2	Dossel	M	LC	LC	VU
	<i>Diopsittaca nobilis</i>	maracanã-pequena	FRU	F2	Terrestre/Dossel	M	LC	LC	-

Passeriformes	Thamnophilidae	FRU	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	periquitão						
	<i>Formicivora rufa</i>	papa-formiga-vermelho	INS C2	Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Dysithamnus mentalis</i>	choquinha-lisa	INS F1	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
	<i>Herpsilochmus longirostris</i> CE	chorozinho-de-bico-comprido	INS F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Thamnophilus dohertyi</i>	choca-barrada	INS F2	Subosque/Médio	B	LC	LC	-
	<i>Thamnophilus torquatus</i>	choca-de-asa-vermelha	INS C2	Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Thamnophilus pelzelni</i>	choca-do-planalto	INS F2	Subosque/Médio	B	LC	LC	-
	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	choca-da-mata	INS F1	Subosque/Médio	B	LC	LC	-
	<i>Taraba major</i>	choró-boi	INS F2	Subosque	B	LC	LC	-
Melanopareidae	<i>Melanopareia torquata</i> CE	meia-lua-do-cerrado	INS C1	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
Conopophagidae	<i>Conopophaga lineata</i>	chupa-dente	INS F1	Subosque	M	LC	LC	-
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i>	arapaçu-de-cerrado	INS C2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	joão-de-barro	INS C2	Terrestre	B	LC	LC	-
	<i>Lochmias nematura</i>	joão-porca	INS F2	Terrestre	M	LC	LC	-
	<i>Clibanornis rectirostris</i> CE	cisqueiro-do-rio	INS F2	Subosque	A	LC	LC	-
	<i>Phacelodomus ruber</i>	graveteiro	INS C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Anumbius amumbi</i>	cochicho	INS C1	Terrestre	M	LC	LC	-
	<i>Crantoleuca vulpina</i>	arredio-do-rio	INS A	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	curutié	INS C1	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Synallaxis scutata</i>	estrelinha-preta	INS F2	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Synallaxis hypospodia</i>	joão-grilo	INS A	Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Synallaxis albescens</i>	ui-pi	INS C1	Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Synallaxis frontalis</i>	petrim	INS F2	Subosque	B	LC	LC	-

Pipridae	<i>Neopelma pallescens</i>	fruxu-do-cerradão	FRU	F2	Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Antilophia galeata</i> CE	soldadinho	FRU	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
Tityridae	<i>Pachyrhamphus polychopterus</i>	caneleiro-preto	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
Platyrinchidae	<i>Platyrinchus mystaceus</i>	patinho	INS	F1	Subosque	M	LC	LC	-
Rhynchoyclidae	<i>Leptopogon amaurocephalus</i> cabeçudo		INS	F1	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
	<i>Corythopsis delalandi</i>	estaltador	INS	F1	Terrestre	M	LC	LC	-
	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	bico-chato-de-orelha-preta	INS	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Todirostrum cinereum</i>	ferreirinho-relógio	INS	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	sebinho-de-olho-de-ouro	INS	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
Tyrannidae	<i>Campyostoma obsoletum</i>	risadinha	INS	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia flavogaster</i>	guaracava-de-barriga-amarela	FRU	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia spectabilis</i>	guaracava-grande	FRU	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia chilensis</i>	guaracava-de-crista-branca	FRU	C1	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia parvirostris</i>	tuque-pium	FRU	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia mesoleuca</i>	tuque	FRU	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia cristata</i>	guaracava-de-topete-uniforme	FRU	C2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Elaenia chiriquiensis</i>	chibum	FRU	C2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Elaenia obscura</i>	tução	FRU	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Suiriri suiriri</i>	suiriri-cinzeno	INS	C2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Myiopagis gaimardii</i>	maria-pechim	ONI	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Myiopagis caniceps</i>	guaracava-cinzena	ONI	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Phaeomyias murina</i>	bagageiro	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-

<i>Serpophaga subcristata</i>	alegrinho	INS	C2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Legatus leucophaeus</i>	bem-te-vi-pirata	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Myiarchus swainsoni</i>	irré	ONI	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Myiarchus ferox</i>	maria-cavaleira	ONI	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado	ONI	C2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Castornis rufus</i>	maria-ferrugem	INS	F2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
<i>Pitangus sulphuratus</i>	bem-te-vi	ONI	F2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Machetornis rixosa</i>	suiriri-cavaleiro	INS	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
<i>Myiodinastes maculatus</i>	bem-te-vi-rajado	ONI	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Megarynchus pitangua</i>	neinei	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	bentevizinho-de-asa-ferruginea	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Myiozetetes similis</i>	bentevizinho-de-penacho-vermelho	ONI	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Tyrannus albogularis</i>	suiriri-de-garganta-branca	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Tyrannus melancholicus</i>	suiriri	ONI	C2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Tyrannus savana</i>	tesourinha	ONI	C2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Griseotyrannus aurantiostrigatus</i>	peitica-de-chapéu-preto	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Empidonomus varius</i>	peitica	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Colonia colonus</i>	viuvinha	INS	F1	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Arundinicola leucocephala</i>	freirinha	INS	A	Terrestre/Dossel	M	LC	LC	-
<i>Gubernetes yetapa</i>	tesoura-do-brejo	INS	C2	Terrestre/Dossel	M	LC	LC	-
<i>Myiophobus fasciatus</i>	flipe	INS	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Cnemoriccus fuscatus</i>	guaraçu	INS	F2	Subosque/Médio	B	LC	LC	-

	<i>Lathrotricus euleri</i>	enferrujado	INS	F1	Médio	M	LC	LC	-
	<i>Contopus cinereus</i>	papa-moscas-cinzento	INS	F2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Knipolegus lophotes</i>	maria-preta-de-penacho	INS	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Knipolegus cyanirostris</i>	maria-preta-de-bico-azulado	INS	F2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Xolmis velatus</i>	noivinha-branca	INS	C1	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Nengetus cinereus</i>	primavera	INS	C1	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	pitiguari	ONI	F2	Médio/Dossel	B	LC	LC	-
Vireonidae	<i>Hylophilus amaurocephalus</i>	vite-vite-de-olho-cinza	ONI	F2	Subosque/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Vireo chivi</i>	juruvicara	INS	F2	Dossel	B	LC	LC	-
Corvidae	<i>Cyanocorax cristatellus</i>	gralha-do-campo	ONI	C2	Médio/Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Cyanocorax cyanopogon</i>	gralha-cancã	ONI	F2	Dossel	M	LC	LC	-
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	andorinha-pequena-de-casa	INS	C1	Sup. da Água	B	LC	LC	-
	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	andorinha-serradora	INS	C2	Sup. da Água	B	LC	LC	-
	<i>Progne tapera</i>	andorinha-do-campo	INS	C2	Sup. da Água	B	LC	LC	-
	<i>Progne chalybea</i>	andorinha-grande	INS	C1	Sup. da Água	B	LC	LC	-
	<i>Tachycineta leucorrhoa</i>	andorinha-de-sobre-branco	INS	C1	Sup. da Água	B	LC	LC	-
Troglodytidae	<i>Hirundo rustica</i>	andorinha-de-bando	INS	C1	Sup. da Água	B	LC	LC	-
	<i>Troglodytes musculus</i>	corruira	INS	C2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Cantorchilus leucotis</i>	garrinção-de-barriga-vermelha	INS	F2	Subosque	B	LC	LC	-
Poliptilidae	<i>Poliptila dumicola</i>	balança-rabo-de-máscara	INS	F2	Subosque/Dossel	M	LC	LC	-
Donacobiidae	<i>Donacobius atricapilla</i>	japacanim	INS	A	Subosque	M	LC	LC	-

Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	sabiá-barranco	ONI	F2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	ONI	F2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Turdus amaurochalinus</i>	sabiá-poca	ONI	F2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Turdus subalaris</i>	sabiá-ferreiro	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
Mimidae	<i>Mimus saturninus</i>	sabiá-do-campo	ONI	C2	Dossel	B	LC	LC	-
Motacillidae	<i>Anthus chii</i>	caminheiro-zumbidor	INS	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
Fringillidae	<i>Euphonia chlorotica</i>	fim-fim	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
Passerellidae	<i>Ammodramus humeralis</i>	tico-tico-do-campo	GRA	C1	Terrestre	B	LC	LC	-
	<i>Arremon flavirostris</i>	tico-tico-de-bico-amarelo	INS	F1	Terrestre	M	LC	LC	-
	<i>Zonotrichia capensis</i>	tico-tico	GRA	C2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
Icteridae	<i>Leistes superciliosus</i>	policia-inglesa-do-sul	ONI	C1	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Psarocolius decumanus</i>	japu	ONI	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Icterus pyrrhopterus</i>	encontro	ONI	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Molothrus bonariensis</i>	chupim	ONI	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
	<i>Gnorinopsar chopi</i>	pássaro-preto	ONI	C2	Terrestre/Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>	chupim-do-brejo	ONI	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	pia-cobra	INS	C2	Subosque	B	LC	LC	-
	<i>Setophaga pitayumi</i>	mariquita	INS	F2	Dossel	M	LC	LC	-
	<i>Myiothlypis leucophrys</i> CE	pula-pula-de-sobrancelha	INS	F2	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Myiothlypis flaveola</i>	canário-do-mato	INS	F2	Terrestre/Subosque	M	LC	LC	-
	<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula	INS	F2	Subosque/Médio	M	LC	LC	-
Cardinalidae	<i>Piranga flava</i>	sanhaço-de-fogo	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
	<i>Cyanoloxia brissonii</i>	azulão	GRA	F2	Subosque	M	LC	LC	-
Thraupidae	<i>Charitospiza eucoisma</i> CE	mineirinho	GRA	C1	Terrestre/Subosque	A	NT	LC	-

<i>Nemosia pileata</i>	saira-de-chapéu-preto	ONI	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Emberizoides herbicola</i>	canário-do-campo	GRA	C1	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Hemithraupis guira</i>	saira-de-papo-preto	ONI	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Tersina viridis</i>	sai-andorinha	ONI	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Daenis cayana</i>	sai-azul	ONI	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Saltatricula atricollis</i> CE	batuqueiro	ONI	C1	Subosque/Dosel	M	LC	LC	-
<i>Saltator maximus</i>	tempera-viola	ONI	F2	Médio/Dosel	B	LC	LC	-
<i>Saltator similis</i>	trincea-ferro	ONI	F2	Médio/Dosel	B	LC	LC	-
<i>Coereba flaveola</i>	cambacica	NEC	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Volatinia jacarina</i>	tiziu	GRA	C2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
<i>Eucometis penicillata</i>	pipira-da-taoca	INS	F2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
<i>Coryphospingus cucullatus</i>	tico-tico-rei	GRA	F2	Terrestre/Subosque	B	LC	LC	-
<i>Tachyphonus rufus</i>	pipira-preta	ONI	F2	Subosque/Dosel	B	LC	LC	-
<i>Ramphocelus carbo</i>	pipira-vermelha	FRU	F2	Subosque/Dosel	B	LC	LC	-
<i>Sporophila lineola</i>	bigodinho	GRA	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Sporophila plumbea</i>	patativa	GRA	C2	Subosque	M	LC	LC	-
<i>Sporophila collaris</i>	coleiro-do-brejo	GRA	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Sporophila nigricollis</i>	baiano	GRA	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Sporophila caerulescens</i>	coleirinho	GRA	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Sporophila leucoptera</i>	chorão	GRA	C2	Subosque	B	LC	LC	-
<i>Sporophila angolensis</i>	curió	GRA	F2	Subosque/Médio	B	LC	LC	CR
<i>Conirostrum spectiosum</i>	figuinha-de-rabo-castanho	ONI	F2	Dosel	B	LC	LC	-
<i>Sicalis flaveola</i>	canário-da-terra	GRA	C2	Terrestre	B	LC	LC	-
<i>Pipraeidea melanonota</i>	saira-viúva	ONI	F2	Médio/Dosel	B	LC	LC	-

<i>Neothraupis fasciata</i>	cigarra-do-campo	ONI	C1	Subosque/Dossel	M	NT	LC	-
<i>Schistochlamys melanopsis</i>	sanhaço-de-coleira	ONI	C2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	bico-de-veludo	ONI	C2	Subosque/Dossel	B	LC	LC	-
<i>Thraupis sayaca</i>	sanhaço-cinzentos	ONI	C2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Thraupis palmarum</i>	sanhaço-do-coqueiro	ONI	F2	Dossel	B	LC	LC	-
<i>Stelpnia cayana</i>	saira-amarela	ONI	F2	Subosque/Dossel	M	LC	LC	-

Dieta: CAR – Carnívora; DET – Detritívora; FRU – Frugívora; GRA – Granívora; INS – Insetívora; Nectarívora; ONI – Onívora; NEC – Nectarívora. EF (Estrato de Forrageamento): A – Aéreo; B – Baixo; D – Dossel; M – Médio; S – Superfície da água; T – Terrestre. UH (Uso do habitat): A – Aquático; C1 – Campestre típico; C2 – Campestre facultativo; F1 – Florestal típico; F2 – Florestal facultativo; T – Antrópico. SD (Sensibilidade a distúrbio): A – alta; M – média; B – baixa. Status (Ameaça em nível Internacional, nacional e estadual): LC = menos preocupante; NT = quase ameaçada de extinção; VU = ameaçada em categoria vulnerável; EN = em perigo; CR = criticamente em perigo. Endemismo: MA – Mata Atlântica; CE – Cerrado.



Figura 2. Passeriformes. Do canto superior esquerdo, em sentido horário: *Pitangus sulphuratus*, bem-te-vi; *Turdus rufiventris*, sabiá-laranjeira; *Psarocolius decumanus*, japu; *Eucometis penicillata*, pipira-da-taoca; *Neothraupis fasciata*, cigarra-do-campo; *Momotus momota*, udu-de-coroa-azul; *balança-rabo-de-máscara*, *Polioptila dumicola*; e *Furnarius rufus*, João-de-Barro. Fotos: A.G.F.



Figura 3. Espécies não Passeriformes. Do canto superior direito, em sentido horário: *Ruponis magnirostris*, gavião-carijó; *Herterospizias meridionalis*, gavião-caboclo (Accipitriformes); *Calliphlox amethystina*, estrelinha-ametista, fêmea (Apodiformes); e *Alipiopsitta xanthops*, papagaio-galego (Psittaciformes). Fotos: A.G.F.

Tyrannidae é a família mais rica de aves na REP, com 41 espécies; ou seja, 29% de Passeriformes e 17% de todas as espécies catalogadas (Figura 4). Trata-se de um grupo cuja distribuição se estende do Alasca até a Terra do Fogo, mas que é predominantemente neotropical^{22,25}. Incluindo 449 espécies, ela é considerada a família mais rica de aves do mundo!⁶⁶ Para se ter uma ideia melhor dessa grandeza, basta dizer que ela corresponde a mais da metade das espécies de aves encontradas na Europa Ocidental²⁴. No Brasil, são reconhecidas 146 espécies de tiranídeos, que são conhecidas como papa-moscas (“flycatchers”), por serem essencialmente insetívoras²⁵ (Figura 4). A segunda família mais representativa na avifauna da REP é Thraupidae, com 31 espécies. Outras são: Furnaridae (Passeriformes), Accipitridae (Accipitriformes), Psittacidae (Psittaciformes) e Trochilidae (Apodiformes), cada uma com 11 espécies.



Figura 4. Espécies de tiranídeos. Do canto superior esquerdo, em sentido horário: *Knipolegus lophotes*, maria-preta-de-penacho; *Xolmis velatus*, noivinha; *Nenetus cinereus*, primavera; e *Suiriri suiriri*, suiriri-cinzeno. Fotos: A.G.F.

Seleção de hábitat e adaptações associadas

Ao longo da evolução, todas as espécies são selecionadas para ocupar um determinado hábitat, ou seja, um tipo específico de lugar para viver^{13,21,28}. Nas aves, a seleção de hábitat se expressa em adaptações anatômicas (estruturais), fisiológicas (funcionais) e etológicas (comportamentais), e as mais evidentes são as modificações dos pés^{1,3}. Vejamos algumas delas: aves aquáticas (p.ex. marrecos, patos, gansos, cisnes, mergulhões e cormorões) têm pés palmados, ou seja, possuem pés com membranas interdigitais, que são responsáveis pela propulsão durante os deslocamentos na água. Na REP, espécies como *Dendrocygna viduata*, o irerê (Anatidae); *Nannopterum brasilianum*, o biguá (Phalacrocoracidae); e *Podilymbus podiceps*, o mergulhão-caçador (Podicipedidae), mostram essa adaptação (Figura 5). Os pés das aves que habitam áreas brejosas, charcos ou as margens de coleções hídricas, têm dedos livres e longos, o que facilita as caminhadas na lama. Isso pode ser visto em *Aramides cajaneus*, a saracura-três-potes, e em *Mustelirallus albicollis*, o sanã-carijó (Rallidae). Já os pés das espécies que se deslocam em terrenos firmes, como campos, pastagens e cerrados, tendem a ter dedos mais curtos do que os do grupo anterior, mas igualmente livres. Esses são os casos, por exemplo, da seriema, *Cariama cristata* (Cariamidae) (Figura 6) e da curicaca, *Theristicus caudatus* (Threskiornithidae).



Figura 5. Espécie de ave aquática. *Nannopterum brasilianum*, biguá. Foto: A.G.F.



Figura 6. Espécie de ave terrestre. *Cariama cristata*, seriema. Foto: A.G.F.

As adaptações dos pés também envolvem mudanças no posicionamento ou na redução do número de dígitos^{1,3}. O padrão básico do pé de uma ave é constituído de quatro dígitos, três voltados para frente e um para trás. No entanto, aves que se empoleiram, como os periquitos e papagaios (Psittacidae), ou que exploram os troncos das árvores, como os pica-paus e arapaçus (Picidae e Dendrocolaptidae, respectivamente), têm dois dedos voltados para frente e outros dois para trás, numa adaptação que confere maior capacidade de sustentação. *Amazona aestiva*, o papagaio-verdadeiro; *Colaptes campestris*, o pica-pau-do-campo, e *Lepidocolaptes angustirostris*, o arapaçu-do-cerrado são algumas das espécies de aves da REP que compartilham essa adaptação (Figura 7).



Figura 7. *Colaptes campestris*, pica-pau-do-campo (acima) e *Lepidocolaptes angustirostris*, arapaçu-do-cerrado (abaixo). Fotos: A.G.F.

Uma modificação ainda mais radical dos pés é observada na ema, *Rhea americana*, ave corredora, que, durante a evolução, perdeu um dígito de cada pé, como forma de maximizar a velocidade, pela diminuição da superfície de contato com o solo e, por conseguinte, do atrito (Figura 8). Entre as aves, redução mais drástica do que essa só é observada no avestruz, *Struthio camelus*, que tem somente dois dígitos em cada pé³.



Figura 8. *Rhea americana*, ema. Foto: A.G.F.

Em relação às adaptações funcionais, o principal exemplo é dado pela capacidade que aves marinhas (p.ex. gaivotas, atobás e albatrozes) possuem de processar e eliminar o excesso de sal da água do mar, o que é feito por meio de estruturas altamente especializadas, as glândulas de sal³. Quanto às mudanças comportamentais relacionadas com o uso do hábitat, observamos que muitas espécies que não têm adaptações estruturais ou funcionais, ao menos aparentes, mostram-se igualmente dependentes de determinados hábitats. Um ótimo modelo de dependência ambiental é dado pela lavadeira-mascarada, *Fluvicola nengeta* (Tyrannidae), como indica o seu próprio nome científico: do latim, *fluvius, fluvii*, rio + *cola*, que habita; e do tupi, *nheenetá*, pássaro sussurrando. Portanto, *F. nengeta* é uma espécie intimamente associada às coleções de água doce (rios, lagos, represas, etc.)^{2,22}. Essa ave não foi registrada na REP, mas outros Passeriformes encontrados na reserva mostram a mesma dependência do ambiente aquático: o arredio-do-rio, *Cranioleuca vulplina* e o curutié, *Certhiaxis cinnamomeus* (Furnariidae); o japacaním, *Donacobius atricapilla* (Donacobiidae) e a freirinha, *Arundinicola leucocephala* (Tyrannidae) (Figura 9).



Figura 9. *Arundinicola leucocephala*, freirinha (macho). Foto: A.G.F.

O uso do hábitat

Na REP, 131 espécies de aves (52%) utilizam, essencial ou exclusivamente, habitats florestais. Aves campestres somam 105 espécies (42%); no entanto, identificamos mais espécies exclusivamente campestres do que exclusivamente florestais (33 e nove espécies, respectivamente). As aves aquáticas são representadas por 17 espécies (7%) (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição das espécies de aves da Reserva Ecológica do Panga, segundo o uso do hábitat*

Uso do hábitat		Número de espécies (%)	
Aquático		17	(7)
Campestre	Exclusivamente	33	(13)
	Essencialmente	72	(28)
Florestal	Exclusivamente	9	(4)
	Essencialmente	122	(48)
Total		253	(100)

*Silva *et al.*⁵³ e Bagno & Marinho-Filho⁵⁴

Entre as espécies exclusivamente campestres destacamos: a ema, *Rhea americana* (Rheidae); a codorna, *Nothura maculosa* (Tinamidae); a seriema, *Cariama cristata* (Cariamidae); a avoante, *Zenaida auriculata* (Columbidae) e a andorinha-

de-sobre-branco *Tachycineta leucorrhoa* (Hirundinidae). As espécies exclusivamente florestais incluem: o gavião-pega-macaco, *Spizaetus tyrannus* (Accipitridae); a choca-da-mata, *Thamnophilus caerulescens* (Thamnophilidae); a viuvinha, *Colonia colonus* (Tyrannidae); e a saíra-viúva, *Pipraeidea melanonota* (Thraupidae) (Tabela 2).

As espécies essencialmente campestres são representadas pela curicaca, *Theristicus caudatus* (Thereskiornithidae); pela pomba-do-bando, *Patagioenas cayaennensis* (Columbidae); pelo pica-pau-verde-barrado, *Colaptes melanochlorus* e pica-pau-de-banda-branca, *Dryocopus lineatus* (Picidae); e pelos andorinhões, como a tesourinha-do-buriti, *Tachornis squamata* (Apodidae). Entre as espécies essencialmente florestais, destacamos *Nystalus maculatus*, o rapazinho-dos-velhos e duas espécies de pica-paus, o pica-pau-anão-escamado, *Picumnus albosquamatus* e o pica-pau-de-topete-vermelho, *Campephilus mellanoleucus*; além das espécies de beija-flores (Trochilidae), com exceção de *Heliactin bilophus*, chifre-de-ouro, que é essencialmente campestre (Tabela 2 e Figura 10).

A vegetação do Cerrado é bastante variável; mas há um predomínio de ambientes abertos, representados por fitofisionomias típicas do cerrado sentido amplo, como campo sujo, campo cerrado e cerrado sentido restrito³². Isso também ocorre na REP, pois, como vimos na descrição da área de estudo, mais de 70% da reserva são cobertos por cerrado ralo e cerrado sentido restrito³⁸. Desta forma, parece contraditório que tenhamos mais espécies de aves associadas a ambientes florestais do que campestres. Entretanto, cerca de 70% das espécies de aves do Cerrado são dependentes de florestas, em maior ou menor grau⁵³. A alta complexidade da vegetação florestal desse bioma pode ajudar a explicar essa tendência, uma vez que esse tipo de ambiente oferece uma ampla variedade de recursos, como locais de nidificação, refúgio contra predadores, abrigos ao longo de todo o ano⁵⁶. Vale destacar que entre os ambientes com as maiores riquezas de espécies de aves na REP estão a mata mesófila e o cerradão⁴⁶. De qualquer modo, campos nativos são essenciais para manutenção das espécies campestres mais sensíveis, tanto pela oferta de alimento, principalmente de sementes, como de material e local para nidificação⁶⁷.



Figura 10. Espécies de aves campestres e florestais. Campestres: *Tachycineta leucorrhoa*, andorinha-de-sobre-branco; *Nystalus maculatus*, rapazinho-dos-velhos; e *Patagioenas cayennensis*, pomba-do-bando. Espécies florestais: *Pachyrhamphus polichopterus*, caneleiro-preto; *Todirostrum cinereum*, ferreirinho-relógio; e *Micrastur semitorquatus*, falcão-relógio (do canto superior direito, em sentido horário). Fotos: A.G.F.

Ao compararmos a frequência das espécies exclusivamente florestais (4%) com as essencialmente florestais (48%), notamos que existe uma diferença significativa entre ambas, o que evidencia o caráter generalista da maioria das espécies de aves florestais na REP, em termos da ocupação de hábitat. Por outro lado, observamos que 13% das espécies da reserva são exclusivamente campestres, indicando um nível de especialização mais elevado em relação às espécies exclusivamente florestais (9%).

Esse resultado pode ser interpretado como uma consequência da maior disponibilidade de ambientes abertos que a reserva oferece para as espécies campestres⁴⁶. Vale notar que tanto espécies essencialmente campestres como essencialmente florestais são menos exigentes, em termos ambientais, explorando um leque mais amplo de recursos. Isso se mostra perfeitamente de acordo com os níveis de sensibilidade a distúrbios apresentados pelas espécies de aves da REP, uma vez que 62% delas são de baixa sensibilidade, contra 36% de média e apenas 2% de alta (Tabela 2).

Apesar de a REP ser delimitada, ao norte, por um ribeirão que lhe confere o nome, o Ribeirão do Panga, a reserva apresenta uma baixa frequência de espécies aquáticas (7%), o que atribuímos à inexistência de grandes porções de água na área. Entre as espécies aquáticas registradas na reserva estão incluídas: *Dendrocygma viduata*, irerê (Anatidae); *Tachybaptus dominicus*, mergulhão-pequeno (Podicipedidae); *Ardea alba*, garça-branca-grande (Ardeidae); *Mycteria americana* (Ciconiidae), cabeça-seca; e *Gallinago undulata*, narcejão (Scolopacidae) (Figura 11).



Figura 11. Espécies aquáticas. *Ardea alba*, garça-branca-grande (abaixo, em primeiro plano) e *Egretta thula*, garça-branca-pequena (abaixo, ao fundo); e *Dendrocygma viduata*, irerê (acima). Fotos: A.G.F.

Estratos de forrageamento

Em relação aos estratos de forrageamento, o predominante foi o dossel, explorado por 130 espécies (51% do total de espécies), seguido pelo terrestre (solo), com 86 espécies (34%). Considerando-se somente as espécies com estrato exclusivo, o dossel também prevaleceu, com 71 espécies exclusivas desse estrato, seguido do solo, com 43 espécies (28% e 17%, respectivamente) (Tabla 2).

Entre as espécies que exploram exclusivamente o dossel, destacamos: *Piaya cayana*, alma-de-gato; *Nyctibius griseus*, urutau; *Heliomaster squamosus*, bico-reto-de-banda-branca; *Spizaetus tyrannus*, gavião-pega-macaco; e *Bubo virginianus*, o jacurutu (Figura 12). O predomínio de espécies do dossel se mostra diretamente relacionado com a maior representatividade de aves florestais na REP, o que corrobora a hipótese de que a estrutura vertical dos habitats influencia a comunidade de aves⁶⁸.



Figura 12. *Bubo virginianus*, jacurutu. Foto: A.G.F.

Guildas tróficas

Guildas são definidas como conjuntos de espécies que exploram um mesmo tipo de recurso, de modo similar, independentemente do seu posicionamento taxonômico. Guildas tróficas estão relacionadas com os níveis ocupados pelas espécies nas cadeias alimentares, razão pela qual também são conhecidas como guildas alimentares^{28,29}. A maioria das espécies de aves da REP está incluída em duas guildas tróficas: insetívoras (36%) e onívoras (30%) (Tabela 4).

Tabela 4. Distribuição da avifauna da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia, MG), segundo guildas tróficas.

Guildas tróficas	Número de espécies (%)	
Insetívoras	90	(36)
Onívoras	75	(30)
Carnívoras	25	(10)
Frugívoras	29	(11)
Granívoras	19	(08)
Nectarívoras	12	(05)
Detritívoras	3	(01)
	Total	253 (100)

Espécies insetívoras incluem todos os membros das famílias Nyctibiidae, Caprimulgidae, Apodidae, Galbulidae, Bucconidae, Picidae, Melanopareiidae, Thamnophilidae, Conopophagidae, Platyrinchidae, Dendrocopaltidae, Furnariidae, Hirundinidae, Trogloditidae, Donacobiidae, Polioptilidae, Motacilidae, Rynchocyclidae e Parulidae. Elas também estão presentes em Ardeidae, Accipitridae, Strigidae, Tyrannidae, e Vireonidae com destaque para Tyrannidae, na qual 79% das espécies são insetívoras, o que equivale a 30% dessa guilda na REP (Figura 13, Tabela 2).

Onívoras são representadas por todas as espécies das famílias Rheidae, Tinamidae, Anatidae, Threskiornithidae, Ciconiidae, Rallidae, Cariamidae, Charadriidae, Scolopacidae, Ramphastidae, Tityridae, Corvidae, Turdidae, Mimidae, Cardinalidae e Icteridae, bem como pela maioria das espécies de Thraupidae. Embora sejam grupos predominantemente insetívoros, Tyrannidae e Vireonidae também possuem espécies onívoras (Figura 13, Tabela 2).

Carnívoras são encontradas, exclusivamente, nas famílias Podicipedidae, Alcedinidae, Phalacrocoracidae, Accipitridae, Falconidae, Cuculidae e Strigidae. Frugívoras estão presentes nas famílias Cracidae, Columbidae, Psittacidae, Momotidae, Pipridae e Tyrannidae. Granívoras provêm das famílias Columbidae e Thraupidae. A guilda das espécies nectarívoras inclui todas as 11 espécies de beija-flores (Trochilidae), além de *Coereba flaveola* (Coerebidae). E somente três espécies são detritívoras: o urubu-de-cabeça-preta, *Coragyps atratus*; o urubu-de-cabeça-vermelha, *Cathartes aura* e o urubu-rei, *Sarcoramphus papa*, todas da família Cathartidae (Figura 13, Tabela 2).



Figura 13. Representantes de diferentes guildas tróficas de aves na REP. *Monasa nigrifrons*, chora-chuva-preto (insetívora); *Herpetotheres cachimans*, acauã (carnívora); *Amazona aestiva*, papagaio-verdadeiro (frugívora); *Ramphastos toco*, tucanuçu (onívora); *Sicalis flaveola*, canário-da-terra (granívora), *Eupetomena macroura*, beija-flor-tesoura (nectarívora) (do canto superior esquerdo, em sentido horário). Fotos: A.G.F.

A dominância absoluta de aves insetívoras e onívoras sobre as outras guildas tróficas na REP (66% do total de espécies) pode estar associada a diversos fatores, incluindo: a área limitada da reserva, uma vez que essas dietas têm um “efeito tampão” nas flutuações dos recursos alimentares, que impactam mais severamente as espécies frugívoras, as nectarívoras e as insetívoras especializadas⁶⁹. Ou ainda, ao alto nível de

perturbação na área, que tende a favorecer as espécies de aves insetívoras generalistas e onívoras, em detrimento de espécies frugívoras e nectarívoras, como observado em outros estudos^{70,71,72}.

Na medida em que ocupam diversas guildas tróficas, aves desempenham papéis ecológicos importantes para o funcionamento dos ecossistemas. Carnívoras, incluindo aves de rapina (gaviões, falcões e corujas) e espécies piscívoras, assim como as insetívoras são predadoras e, como tais, elementos fundamentais no controle populacional de suas presas. As aves frugívoras são responsáveis pela dispersão de frutos e sementes, exercendo uma função essencial na propagação de diferentes espécies vegetais, por meio da disseminação de seus propágulos (ornitocoria). Os beija-flores (nectarívoros) são polinizadores essenciais para a reprodução de diversas espécies vegetais (ornitofilia). A dispersão e a polinização de plantas por aves são exemplos clássicos de interações mutualísticas, nas quais tanto as espécies de um grupo como de outro são favorecidas pelas vantagens recíprocas que se estabelecem nessas relações ao longo da evolução (coevolução). Granívoras são capazes de dispersar sementes, embora essa não seja uma função primária da guilda. Detritívoras, representadas na REP por três espécies de urubus, exercem uma função não menos nobre, consumindo animais mortos e, com isso, ajudando no processo de limpeza e remoção de carcaças do ambiente. Já as onívoras são multifuncionais^{2,3,28,29}.

Especializações de bicos

Como vimos, as aves têm os membros anteriores modificados em asas e, seguindo o mesmo padrão dos seus ancestrais, sustentam-se sobre dois pés (bipedalismo). Desta maneira, os bicos são muito importantes para esses animais, pois são as principais estruturas para “manipulação” do meio (biculação)^{1,2,3}. Eles são empregados na limpeza e ajuste das penas, no manejo de instrumentos, na construção de ninhos e, principalmente, na alimentação. De fato, os bicos das aves são perfeitamente adaptados para cada dieta.^{1,3} E isso é algo que podemos observar com facilidade nas aves da REP (Figura 14).



Figura 14. Tipos de bicos e diferentes dietas. Do canto superior direito, no sentido horário: bico adunco de *Cararaca plancus*, carcará - carnívoria; bico em forma de espada de *Butorides striata*, socózinho - piscívoria; bico em forma de pinças de *Galbula ruficauda*, ariramba de cauda ruiva - insetívoria; bico curto de *Ammodramus humeralis*, tico-tico do campo – granívoria; bico capilariforme de *Thalurania furcata*, beija-flor-tesoura-verde - nectarívoria; bico achatado de *Amazoneta brasiliensis*, marreca-ananai – onívoria/filtragem. Fotos: A.G.F.

As aves carnívoras possuem bicos fortes e cortantes, com a parte superior (maxila) recurvada sobre a inferior (mandíbula). São os chamados bicos aduncos, que servem para matar e/ou dilacerar as presas. Note-se que, nesse grupo, os pés foram transformados em garras e são usados para apreender as presas, subjugar-las e, em alguns casos, também para matá-las. Do mesmo modo, as espécies piscívoras têm bicos fortes e

afiados, porém eles são longos e pontiagudos, em forma de espada, servindo para arpoar ou coletar peixes. As insetívoras, por sua vez, têm bicos relativamente compridos, mas, nesse caso, bastante delicados. Eles funcionam como duas hastes articuladas de pinças que são utilizadas para capturar insetos no solo e em outras superfícies, ou no ar. No caso dos pica-paus, os bicos são utilizados para perfurar troncos e retirar as presas do seu interior, motivo pelo qual são mais fortes do que os de outros insetívoros. E ainda os bicos longos e curvos dos arapaçús, que podem ser introduzidos em pequenos orifícios e frestas nos troncos das árvores. Espécies granívoras têm bicos curtos, que são utilizados como alicates para a extração de sementes. As aves frugívoras têm bicos empregados para retirar os frutos das plantas, abri-los e consumi-los. Em espécies que se alimentam de frutos secos (p.ex., psitacídeos), os bicos são mais fortes, para conseguir quebrá-los. Os nectarívoros têm bicos capilariformes (em forma de tubo estreito ou capilar), que podem ser curtos ou longos, retos ou curvos. O comprimento e formato do bico de cada espécie de beija-flor depende da forma da corola e da posição do nectário floral da espécie de planta visitada. É um dos exemplos mais extraordinários de coevolução na natureza! O bico do tucanuaçu é uma boa mostra da adaptação para onivoria, pois funciona bem tanto para a alimentação com alguns tipos de frutos como para predação de ninhos. Outros onívoros, como os anatídeos, são filtradores e têm bicos achatados e serrilhados nas bordas, o que lhes permite eliminar o excesso de água que vem junto com a matéria orgânica abocanhada.

Espécies residentes e migratórias

As espécies de aves que habitam um local permanentemente são conhecidas como espécies residentes¹. Note-se que isso não significa que elas estejam presentes somente naquela localidade (o que identificaria uma espécie endêmica), mas que podem ser encontradas ali a qualquer tempo. Em geral, as aves da REP se enquadram nessa categoria (Tabela 2). Entre elas, podemos incluir a maioria das espécies das famílias Cathartidae, Cariamidae, Charadriidae, Columbidae, Pisittacidae, Cuculidae, Trochilidae e Picidae, entre outras.

Mas também existem espécies que só são encontradas, localmente, em determinadas estações do ano. Elas desaparecem em algum momento; porém sempre retornam aos locais de origem. São as espécies migratórias^{1,73}. Na REP, encontramos várias espécies dessa categoria, incluindo: *Ictinia plumbea*, sovi; *Hirundo rustica*, andorinha-de-bando; *Tyrannus savana*, tesourinha; *Tyrannus albogularis*, suiriri-de-garganta-branca; *Empidonamus varius*, peitica; *Myiodynastes maculatus*, bem-te-virajado; *Elaenia chiriquensis*, chibum; *Gryseotyrannus aurantioatrocristatus*, peitica-de-chapéu-preto; *Myiarchus swansoni*, irré (Tabela 2 e Figura 15).



Figura 15. Espécie migratória. *Tyrannus savana*, tesourinha. Foto: A.G.F.

Migrações são deslocamentos sazonais e cíclicos (ida e volta), principalmente entre áreas de alimentação e de reprodução, com rotas definidas, e que são realizados em grupos, geralmente por longas distâncias, como resposta à diminuição na oferta de recursos^{3,73}. Trata-se de uma estratégia que surgiu em diferentes grupos animais, como um mecanismo para ultrapassar períodos de adversidade climática, especialmente quando essas condições são críticas. Assim, no Hemisfério Norte, temos um grande número de espécies migratórias, como resultado das fortes pressões seletivas que os períodos glaciais exerceram sobre as aves durante a sua evolução. No Hemisfério Sul, esse número de espécies é menor, mas não menos importante^{1,2,3}.

No Brasil, são reconhecidas 198 espécies de aves migratórias e cerca de metade delas se reproduz no país⁷³. Tyrannidae constitui um dos principais grupos de aves migratórias brasileiras e *Tyrannus savana*, uma das espécies mais emblemáticas da família (Figura 15). *T. savana* se reproduz no Cerrado, durante a estação chuvosa (primavera-verão) e migra, provavelmente para a Amazônia, no período seco do Cerrado (outono-inverno), quando a oferta de alimento (insetos) cai drasticamente⁷⁴. Espécies migratórias vindas de outros países são oriundas do Hemisfério Norte (aves setentrionais ou visitantes de verão) ou se deslocam do sul da América do Sul, da Antártida e da região Andina (aves meridionais ou visitantes de inverno)⁷³. *Elaenia chilensis*, a guarava-de-crista-branca, migra do sul da América do Sul em direção ao norte²⁵. A única espécie encontrada na REP que executa migrações intercontinentais é *Hirundo rustica*, a andorinha-de-bando, um visitante de verão^{22,73}.

A posição geográfica do Cerrado, no centro do Brasil, favorece a ocorrência de espécies migratórias, uma vez que muitas delas estão por aqui de passagem, em direção a seus destinos finais⁶⁸. A interconectividade do Cerrado com quase todos os outros biomas brasileiros (Amazônia, Pantanal, Mata Atlântica e Caatinga) é outro fator que favorece o encontro dessas espécies em território nacional².

Endemismo

Foram registradas nove espécies de aves endêmicas de Cerrado, na REP^{34,53,75,7}. São elas: *Aliopsitta xanthops*, papagaio-galego; *Melanoparea torquata*, tapaculo-do-cerrado; *Herpsilochmus longirostris*, chororozinho-de-bico-comprido; *Clibanornis rectirostris*, cisqueiro-do-rio; *Antilophia galeata*, soldadinho; *Charitospiza eucosma*, mineirinho; *Cyanocorax cristatellus*, gralha-do-campo; e *Saltatricula atricollis*, batuqueiro; e *Myiothlypis leucophrys*, pula-pula-de-sobrancelha (Tabela 2 e Figura 16). Convém destacar também a ocorrência de uma espécie considerada endêmica de Mata Atlântica⁷⁷: *Baryphthengus ruficapillus*, a juruva.



Figura 16. Espécies endêmicas do Cerrado. *Antilophia galeata*, soldadinho; *Melanoparea torquata*, tapaculo-do-cerrado; *Saltatricula atricollis*, batuqueiro; *Cyanocorax cristatellus*, gralha-do-campo; *Aliopsitta xanthops*, papagaio-galego; e *Herpsilochmus longirostris*, chorozinho-de-bico-comprido (fêmea) (do canto superior esquerdo, em sentido horário). Fotos: A.G.F.

Aves não apresentam o mesmo nível de endemividade de outros grupos animais no Cerrado. Em grande parte, isso se deve à sua mobilidade e à posição ocupada pelo Cerrado, no centro do país, como discutido anteriormente. Macedo⁷⁵, compilando dados de diversos autores, listou 32 espécies de aves endêmicas para o Cerrado, além de mostrar que as maiores estimativas do número de espécies endêmicas são de pouco mais de 10% do total de espécies encontradas no bioma. A maioria dessas espécies encontra-se nas famílias Thraupidae (Emberezidae, para Macedo⁷⁵) (nove espécies) e Furnariidae (cinco espécies), incluindo *Clibanornis rectirostris*, cisqueiro-do-rio (Furnariidae) e *Saltatricula atricollis*, batuqueiro (Thraupidae), ambas registradas na REP

Espécies ameaçadas e conservação

No Brasil, ocorrem 234 espécies de aves ameaçadas de extinção⁵⁸, 166 delas classificadas também como ameaçadas de extinção em nível internacional⁵⁹. Em Minas Gerais, 113 espécies de aves estão ameaçadas, 66 delas no Cerrado^{60,61}.

Na REP, a comunidade de aves local tem sete espécies ameaçadas de extinção no Estado: *Crax fasciolata*, mutum-de-penacho; *Mycteria americana*, cabeça-seca; *Spizaetus tyrannus*, gavião-pega-macaco; *Ara ararauna*, arara-canindé; *Micropygia schomburgkii*, maxalalagá; *Pteroglossus castanotis*, araçari-castanho; e *Sporophila angolensis*, curió⁶⁰. Não foram registradas espécies de extinção na lista brasileira, mas quatro são consideradas quase ameaçadas: *Sarcoramphus papa*, urubu-rei; *Micropygia schomburgkii*, maxalalagá; *Alipiopsitta xanthops*, papagaio-galego; e *Amazona aestiva*, papagaio-verdadeiro⁶². Em nível internacional, cinco espécies encontram-se quase ameaçadas de extinção: *Rhea americana*, ema; *Alipiopsitta xanthops*, papagaio-galego; *Aratinga auricapillus*, jandaia-de-testa-vermelha; *Charitospiza eucosma*, mineirinho; e *Neothraupis fasciata*, cigarra-do-campo^{24,59} (Figura 17).



Figura 17. Espécies quase ameaçadas de extinção. *Amazona aestiva*, papagaio-verdadeiro; *Sarcoramphus papa*, urubu-rei; *Crax fasciolata*, mutum-de-penacho; *Mycteria americana*, cabeça-seca (do canto superior esquerdo, em sentido horário). Fotos: A.G.F.

Devemos notar que 70 espécies de aves são classificadas como deficientes em dados para enquadramento em alguma categoria de ameaça de extinção, no estado de Minas Gerais⁶¹. Duas espécies da REP foram enquadradas nessa categoria: *Myiopagis gaimardii*, maria-pechim; e *Sarcoramphus papa*, urubu-rei⁶³. E uma espécie é considerada deficiente de dados para enquadramento na categoria de ameaça de extinção, em nível nacional: *Gallinago undulata*, narcejão⁶⁴.

Atualmente, as principais ameaças à conservação da avifauna no Brasil são a perda e a degradação dos habitats, a fragmentação dos ambientes, o tráfico de animais silvestres e a caça⁷⁶. No Triângulo Mineiro, verificamos muitas atividades humanas que resultam em impactos ambientais, destacando-se: a construção de hidrelétricas, as rodovias, o fogo, a silvicultura, a agropecuária, a caça, a remoção de indivíduos da natureza para criação em cativeiro, a invasão por espécies exóticas, a expansão urbana.

Em um breve comentário sobre as principais ameaças à conservação da avifauna na região, queremos chamar atenção para os seguintes aspectos: a instalação de hidrelétricas exige a implantação de barragens, geralmente, com a formação de grandes reservatórios, o que implica a supressão e fragmentação da vegetação, ou seja, a perda de habitats que são essenciais para as espécies originalmente distribuídas nas áreas afetadas. As várias rodovias federais que cortam a região (BR-050, BR-153, BR-362 e BR-365) têm impactos diretos e indiretos sobre a fauna, principalmente associados à alteração da qualidade ambiental e ao elevado número de indivíduos mortos por atropelamentos. O fogo tem constituído um risco cada vez mais frequente para a sobrevivência de espécies animais e vegetais, especialmente quando provocado pelo homem. As plantações de *Pinus* sp. e de *Eucalyptus* sp. (silvicultura) se expandiram muito na região, transformando-se em mais um problema ambiental, à medida que a flora original é trocada por essas espécies exóticas. A agricultura e a agropecuária, bases econômicas da região, resultam na substituição da vegetação natural por pastagens e culturas anuais, especialmente as monoculturas de soja e cana-de-açúcar. Além disso, as atividades de cultivo, geralmente, utilizam produtos químicos e outros insumos agrícolas, que podem contribuir para a poluição ambiental e a mortalidade animal. A caça predatória e a criação desautorizada de espécies nativas em cativeiro também contribuem para a redução das populações animais, mesmo constituindo crime ambiental. Deveria também ser criminosa a introdução de espécies exóticas, uma vez que interferem intensamente no equilíbrio dos ecossistemas. Por fim, lembramos que Uberlândia se transformou em um dos maiores centros urbanos do país, trazendo vantagens sociais e econômicas para população humana, mas a um custo ambiental que não pode ser efetivamente mensurado. A questão é se a natureza e as aves, em especial, poderão suportar esse ritmo de crescimento sem a adoção imediata de políticas ambientais efetivas.

Considerações finais

A comunidade de aves da REP apresenta riqueza elevada e considerável diversidade taxonômica, incluindo quase 1/3 das espécies de aves do Cerrado, bem como cerca de 2/3 das ordens (64%) e metade das famílias (49,5%) de aves do Brasil. Tyrannidae é a família mais representativa da avifauna local, destacando-se em termos de sua riqueza, do número de espécies migratórias e da participação nas guildas alimentares.

Embora as espécies insetívoras e onívoras sejam, normalmente, as mais numerosas em uma comunidade de aves, devemos estar atentos para a possibilidade de que esse resultado indique um nível maior de degradação ambiental na reserva. Notamos ainda que várias espécies de aves especializadas frugívoras e nectarívoras com distribuição no Cerrado não fazem parte da avifauna da REP, o que reforça a necessidade de uma atenção redobrada em termos da manutenção das condições ambientais locais.

A ocorrência de espécies ameaçadas, raras ou endêmicas reforça a importância da Reserva Ecológica do Panga para conservação da avifauna na região. A reserva é, por exemplo, a única área em Uberlândia, na qual *Micropygia schomburgkii*, maxalalagá, teve ocorrência documentada até o momento. No município, a maior parte dos ambientes savânicos já foi destruída para dar espaço às atividades econômicas, fazendo com que a REP assuma um papel importante na conservação dos recursos naturais da região.

Agradecimentos

À Grazia Maria Quagliara, pela revisão ortográfica do texto; à Patrícia Marçal e Elizabetta E. Marçal, pela leitura prévia do manuscrito, críticas e sugestões; e a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste capítulo.

Referências

- ¹ Andrade, M. A. *A vida das Aves: introdução à biologia e conservação*. Belo Horizonte, Acangaú/Littera (1997).
- ² Sick, H. *Ornitologia Brasileira* (1997).
- ³ Gill, F. B. *et al. Ornithology*. Freeman. **4**, (2019).
- ⁴ Chansigaud, V. *Historie de l'ornithologie. Delachaux et Niestlé* (2007).
- ⁵ Marques, C. D. *A arte rupestre*. Monções. **3**, 21–36 (2016).
- ⁶ Matinez, C. Las aves en las pinturas rupestres. Naturalmente. *Rev. Mus. Nac. Cienc. Nat.* **9**, 58–63 (2016).
- ⁷ UNESCO. Decorated Cave of Pont d'Arc, known as Grotte Chauvet-Pont d'Arc, Ardèche. <http://whc.unesco.org/en/list/1426/> (2014).
- ⁸ Pivetta, M. Pré-história ilustrada. *Pesquisa Fapesp*. **105**, 80–85 (2004).
- ⁹ Justamand, M. *et al.* A arte rupestre em perspectiva histórica: uma história escrita nas rochas. *Rev. Arqueologia Pública*, **11**, 130–172 (2017).
- ¹⁰ Walters. M. A. *Concise History of Ornithology*. Chistopher Helm. (2003).
- ¹¹ Russel, B. A História do pensamento ocidental. *Nova Fronteira*. **21** (2017).
- ¹² Storer, T. I. *et al. Zoologia Geral*. Companhia Editora Nacional (2003).
- ¹³ Corral, M. *The world of birds: a layman's guide to ornithology*. Library of Congress (1989).

- ¹⁴ Ridley, M. *Evolução*. Artmed. **3** (2006).
- ¹⁵ Darwin, C. R. *A Origem das espécies*. Martin Claret. **1** (2014).
- ¹⁶ Krebs, J. R.; Davies, B. *Introdução à Ecologia Comportamental*. São Paulo: Atheneu (1996).
- ¹⁷ Favretto M. A. Sobre a origem das aves. Theropoda: Aves. *Atual. Ornitol.* **150**, 46–53 (2009).
- ¹⁸ Jetz *et al.* The global diversity of birds in space and time. *Nature*. **491**, 444–448 (2012).
- ¹⁹ Prum, R. O. Why ornithologist should care about the theropod origin of birds. *The Auk*. **119**, 1–17 (2002).
- ²⁰ Futuyma, D. J. *Biologia Evolutiva*. Funac (1996).
- ²¹ Bueno, B. A. A. *Modelagem de nicho ecológico aplicada à conservação do pato-mergulhão (Mergus octosetaceus Vieillot, 1817) no Brasil*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia (2012).
- ²² Sigrist, T. *Aves do Brasil*. Fosfertil (2009).
- ²³ Vaughan, T. A. *et al.* *Mammalogy*. Jones & Bartlett. **6** (2015).
- ²⁴ Avibase. *The World Bird Database*. <https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=EN> (2022).
- ²⁵ Pacheco, J. F. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. *Ornithology Research*. **29**(2), 94–105 (2021).
- ²⁶ Callaghan *et al.* Global abundance estimates for 9.700 bird species. *PNAS*. **118**, 1–10 (2021).
- ²⁷ Primack, R. B.; Rodrigues, E. *Biologia da Conservação*. Planta (2001).
- ²⁸ Ricklefs, R. E. *A Economia da Natureza*. Guanabara Koogan. **5** (2003).
- ²⁹ Townsend *et al.* *Fundamentos em Ecologia*. Artmed. **2** (2006).
- ³⁰ Oliveira, P. S., Marquis, R. J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press (2002).
- ³¹ Educação Ambiental PROBIO. Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília/MMA (coord. Carlos Hiroo Saito, 2006).
- ³² Oliveria-Filho, A. T., Ratter, J. A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. (eds. Oliveira, P. S, Marquis, R. J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (2002).
- ³³ Klink, C. A.; Machado, R. B. A conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*. **1**, 147–155 (2005).
- ³⁴ Silva, J. M. C.; Bates, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savana hotspot. *Bioscience* **52**, 225–233 (2002).

- ³⁵ Khulmann, M. *Aves do Cerrado: espécies visitantes em uma área de recuperação do Distrito Federal*. Brasília, 2020.
- ³⁶ UFU- Universidade Federal de Uberlândia. Reserva Ecológica do Panga. *Portal UFU*. <https://www.ufu.br/unidades-organizacionais/reserva-ecologica-do-panga> (2017).
- ³⁷ IEF-Instituto Estadual de Florestas. Estudo indica Minas Gerais como estado que mais possui RPPNs. *Portal meio ambiente.mg*. <https://www.ief.mg.gov.br/noticias/3071> (2021).
- ³⁸ Cardoso, E. *et al.* Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. *Caminhos de Geografia*. **190**, 254–268 (2009).
- ³⁹ Schiavinni, I.; Araújo, G. M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia. *Sociedade e Natureza*. **1**, 61–65 (1989).
- ⁴⁰ Rosa, R. S. C. *et al.* Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia, MG. *Sociedade e Natureza*. **1**, 61–66 (1991).
- ⁴¹ Araujo, G. M.; Haridasan, M. Estrutura fitossociológica de duas matas mesófilas semidecíduas, em Uberlândia, Triângulo Mineiro. *Naturalia*. **22**, 115–129 (1997).
- ⁴² Araújo, G. M. *et al.* Estrutura comunitária de vinte áreas de cerrado residuais no município de Uberlândia. *Daphne*. **7**, 7–14 (1997).
- ⁴³ Oniki, Y; Willis, E. O. Pesos, medidas, mudas, temperaturas cloacais e ectoparasitos de aves da Reserva Ecológica Panga, Minas Gerais, Brasil. *Boletim do Centro de Estudos Ornitológicos*. **9**, 2–10 (1993).
- ⁴⁴ Marini, M. A. Effects of forest fragmentation on birds of the Cerrado region, Brazil. *Bird Conservation*. **11**, 11–23 (2001).
- ⁴⁵ Melo, C. *Disponibilidade quantitativa e qualitativa de frutos para a avifauna associada ao sobosque de fisionomias florestais do Cerrado*. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília (2003).
- ⁴⁶ Marçal Junior *et al.* Levantamento da avifauna na Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia, MG, Brasil). *Biosci. J.* **25**, 149–164 (2009).
- ⁴⁷ Alteff, E. F.; Marçal Júnior, O. *Estimativas de riqueza, composição de espécies e conservação da avifauna na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia (2009).
- ⁴⁸ Oliveira, P. E. A. M. Sistemas de Incompatibilidade: Idéias a Partir de Plantas do Cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*. **2**, 89–102 (1998).
- ⁴⁹ Melo *et al.* Frugivory and dispersal of *Faramea cyanea* (Rubiaceae) in cerrado wood plants formations. *Braz. J. Biol.* **63**, 75–82 (2003).
- ⁵⁰ Bibby *et al.* Bird Census Techniques. British Trust for Ornithology and the Royal Society for the Protection of Birds, *Academic Press* (1992)

- ⁵¹ Ribon, R. Amostragem de aves pelo método de listas de Mackinnon. (eds. Von Matter *et al*). *Onitologia e Conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*, Technical Books, 2010).
- ⁵² Magurran, A. E. Measuring biological diversity. *Blackwell Publishing* (2003).
- ⁵³ Silva, J. M. C.; Santos, M. P. D. A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros (eds. Sousa-Filho A. J. C.; Felfili, J. M.). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*, MMA (2005).
- ⁵⁴ Bagnó, M. A.; Marinho-Filho, J. A. Avifauna do Distrito Federal: uso de ambientes abertos e florestais e ameaças (eds. Ribeiro, J. F. *et al*). *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*, Embrapa (2001).
- ⁵⁵ Mota-Junior, J. C. Estrutura trófica e composição das avifaunas de três ambientes terrestres na região central do estado de São Paulo. *Ararajuba*. **1**, 65–71 (1990).
- ⁵⁶ Cavalcanti, R. B. Conservation of birds in the Cerrado of Central Brazil. *ICBP Tech. Publ.* **7**, 59–66 (1988).
- ⁵⁷ Marini, M. Â.; Cavalcanti, R. B. Frugivory by *Elaenia* flycatchers. *Hornero*. **15**, 47–50 (1998).
- ⁵⁸ ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: – Aves*. **3** (2018).
- ⁵⁹ BirdLife International. Country profile: Brazil <https://www.birdlife.org/datazone/country/brazil> (2021).
- ⁶⁰ COPAM. Deliberação Normativa COPAM nº 147, de 30 de abril de 2010: Aprova a Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. *D.O./MG* (2010).
- ⁶¹ Drummond, G. M. *et al*. *Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação*. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas (2005).
- ⁶² ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Lista de espécies quase ameaçadas e com dados insuficientes*. <https://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes> (2014).
- ⁶³ Biodiversitas. *Listas vermelhas das espécies da fauna e da flora ameaçada de extinção em Minas Gerais*, CD. Fundação Biodiversitas, <https://www.biodiversitas.org.br/cdlistavermelha>. Acesso em 21/09/2021. (2007)
- ⁶⁴ MMA - Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. D.O.U., 245 (2014).
- ⁶⁵ Matarazzo-Neuberger, W. M. Comunidade de cinco parques e praças da Grande São Paulo, estado de São Paulo. *Ararajuba*. **3**,13–19 (1995).
- ⁶⁶ Christie, D. A., Elliott, A. & del Hoyo, J. (eds.) *Handbook of the Birds of the World*. Tyrannidae. vol. 9. Lynx Edicions (2004)

- ⁶⁷ Silva, T. W. *et al.* Structure of avian assemblages in grasslands associated with cattleranching and soybean agriculture in the Uruguayan savanna ecoregion of Brazil and Uruguay. *The Condor: Ornithological Applications*. **117**, 53–63 (2015).
- ⁶⁸ Culbert, P. D. *et al.* The influence of vertical and horizontal habitat structure on nationwide patterns of avian biodiversity. *The Auk*. **130**, 656–665 (2013).
- ⁶⁹ Willis, E. O. The composition of avian communities in remanescent woodlots in Southern Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* **33**, 1–25 (1979).
- ⁷⁰ Valadão, R. M. *et al.* Avifauna no Parque Municipal Santa Luzia, zona urbana de Uberlândia, Minas Gerais. *Biosc. J.* **22**, 97–108 (2006).
- ⁷¹ Telino Júnior, W. R. *et al.* Estrutura trófica da avifauna na reserva Estadual do Gurjau, Zona da Mata Sul, Pernambuco, Brasil. *Rev. bras. Zool.* **22**, 962–973 (2005).
- ⁷² Morante Filho, J. C.; Silveira, R. V. Composição e estrutura trófica da comunidade de aves em uma área antropizada no oeste do estado de São Paulo. *Atualidades Ornitológicas Online*. **169**, 33–40 (2012).
- ⁷³ ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Relatório de rotas aéreas de concentração de aves migratórias no Brasil. *CEMAVE/ICMBio* (2020).
- ⁷⁴ Negrete, A. J.; Negret, R. A. As aves migratórias do Distrito Federal. MA/IBDF, *Boletim Técnico*. **6** (1981).
- ⁷⁵ Macedo, R. H. F. *The Avifauna: Ecology, Biogeography, and Behavior* (eds Oliveira, P. S. Marquis, R. J.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (2002).
- ⁷⁶ Marini, M. Â.; Garcia, F. I. Birds Conservation in Brazil. *Conservation Biology*. **19**, 665–671 (2005).
- ⁷⁷ Vale *et al.* Endemic birds of the Atlantic Forest: traits, conservation status, and patterns of biodiversity. *J. Field Ornithol.* **89** (3), 193–206 (2018).

CAPÍTULO 6

EFEITO DO FOGO SOBRE A DINÂMICA DA COMUNIDADE DE PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO-VOADORES NA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

*Rodrigo C. Rossi
Natália O. Leiner*

As comunidades são entidades dinâmicas, variando em riqueza (número de espécies), composição e abundância das espécies ao longo de diferentes escalas de tempo. Os processos que controlam a dinâmica temporal das comunidades incluem interações entre espécies e interações destas com o ambiente. Dessa maneira, distúrbios, mudanças climáticas, alterações na qualidade e quantidade dos recursos, além de modificações nas taxas de predação e eventos de competição, podem levar à explosão populacional de determinadas espécies e extinção local de outras, alterando assim a estrutura da comunidade. No último século, o ser humano tem desempenhado um importante papel no processo de declínio da biodiversidade¹, como consequência do ritmo acelerado das mudanças ambientais causadas pela intensificação das pressões antrópicas sobre o meio ambiente^{2,3}. Dentro desse contexto, monitoramentos de longo prazo são uma importante ferramenta que permite quantificar, analisar e prever como a estrutura das comunidades se altera temporalmente em função das mudanças no ambiente.

Distúrbios são eventos discretos que causam mudanças pontuais e temporárias na capacidade de suporte dos ambientes e nos parâmetros demográficos das populações⁴, promovendo a reorganização da estrutura das comunidades através de processos de sucessão ecológica. Entre tais distúrbios, o fogo causa impactos na biodiversidade e consequentemente no funcionamento dos ecossistemas, sendo que tais impactos variam de acordo com o regime de incêndios, assim como de acordo com tipo de bioma^{5,6}. Formações florestais são consideradas sensíveis ao fogo, uma vez que a história evolutiva desses ambientes não foi influenciada pelo mesmo. Em contrapartida, o efeito do fogo pode ser menos intenso em ambientes dependentes do fogo, uma vez que nestes biomas a evolução da flora e da fauna foi moldada por interações com queimadas de origem natural recorrentes^{5,6}.

Em ambientes dependentes do fogo, como as formações savânicas do Cerrado, os incêndios de origem natural (causados por descargas elétricas - raios) costumam ocorrer na transição entre a estação seca e a chuvosa, de maneira que a própria chuva se encarrega de extinguir o fogo⁷. Tais eventos são geralmente rápidos, de baixa intensidade e ocorrem a cada 3-6 anos, atingindo principalmente o solo e o estrato inferior da vegetação^{6,8}. Assim, os incêndios de origem natural tendem a ser benéficos para a manutenção da biodiversidade e para os processos ecológicos deste ecossistema⁹. Porém, estudos recentes indicam uma alteração no regime de incêndios no Cerrado durante a última década, com aumento da extensão, frequência e intensidade das queimadas em função de mudanças climáticas induzidas pelo homem e conversão das áreas de vegetação nativa em pastagens e áreas agrícolas^{6,10}. Em virtude dessas

alterações, os incêndios no Cerrado têm sido vistos como uma ameaça à biodiversidade e uma importante fonte de degradação desse bioma^{6,11}, especialmente quando o fogo atinge fisionomias florestais (e.g. cerradão, mata semidecídua, mata de galeria) que são mais vulneráveis e menos adaptadas a esse distúrbio¹².

Diversos estudos já demonstraram que incêndios extensos ou muito frequentes nesse bioma podem impactar negativamente desde insetos, como abelhas e formigas arborícolas, até répteis, anfíbios, pequenos e grandes mamíferos^{13,14,15,16}. Por outro lado, a política de zero tolerância ao fogo em áreas protegidas do Cerrado também não é benéfica para a diversidade deste bioma. A supressão do fogo em savanas tropicais leva ao adensamento da cobertura vegetal em formações abertas^{17,18}, reduzindo a diversidade animal e vegetal através da perda de espécies endêmicas que dependem de áreas mais abertas ou de maior heterogeneidade ambiental^{11,19}. Além disso, a supressão do fogo como distúrbio natural gera um acúmulo de matéria orgânica inflamável, o que aumenta a chance de ocorrência de incêndios de alta intensidade e extensão^{6,10}, os quais reduzem drasticamente a sobrevivência e recrutamento dos organismos e a quantidade de nutrientes acumulados^{12,20}. Entender como as espécies de diferentes grupos taxonômicos respondem às queimadas constitui um passo importante para entender a dinâmica das comunidades animais e vegetais e atuar em sua conservação²¹. Tais estudos são ainda mais urgentes em função das alterações no regime do fogo observadas no Cerrado nas duas últimas décadas⁶.

Sistema estudado

Neste capítulo, nosso objetivo é descrever como o fogo afeta a dinâmica temporal da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Ecológica do Panga (REP), que está situada no bioma Cerrado. Considerado uma área prioritária para conservação, devido à alta biodiversidade e endemismo de espécies²², o Cerrado atualmente já perdeu mais de 50% de sua vegetação nativa²³. Essa perda é decorrente de processos de fragmentação e mudanças no uso da terra, que transformam áreas nativas em monoculturas agrícolas e pastagens²³. O impacto dessas mudanças no Cerrado pode ser observado em alterações climáticas, que tornam esse bioma cada vez mais quente e seco²⁴, favorecendo a ocorrência e severidade de incêndios^{6,24}. De fato, um estudo recente mostra maior periodicidade de incêndios e um aumento de aproximadamente 2,5 graus Celsius na temperatura nos últimos 15-20 anos na região do Triângulo Mineiro²⁵, onde esse estudo foi realizado.

Os pequenos mamíferos não voadores constituem um ótimo modelo de estudo para atender aos nossos objetivos, uma vez que respondem rápido a quaisquer alterações no ambiente²⁶ e representam um grupo extremamente abundante e diverso, com mais de 330 espécies no território brasileiro e aproximadamente 45% da fauna de mamíferos existentes no Cerrado, sendo 92% destes endêmicos do bioma²⁷. Por fim, esses animais também exercem importante papel na saúde, através da transmissão e regulação de doenças zoonóticas²⁸, e na economia, através da manutenção de serviços como polinização e dispersão de sementes²⁹.

A REP está localizada a 35 km da cidade de Uberlândia (MG) sendo um dos poucos remanescentes protegidos de vegetação nativa da região, contendo 404 hectares. Abriga uma ampla variedade de fisionomias vegetais, incluindo formações abertas e

florestais, o que contribuiu para a alta diversidade registrada em estudos com diferentes grupos animais e vegetais^{30,31,32}. Em virtude da supressão do fogo como distúrbio natural na REP, desde a sua criação em 1986, a vegetação atravessa um processo de adensamento, que vêm transformando as fisionomias vegetais mais abertas em savanas mais fechadas e as áreas mais fechadas em formações florestais¹⁸. Nos últimos 20 anos, a área enfrentou dois incêndios de baixa intensidade (em 2002 e 2006) e dois de alta intensidade (2014 e 2017). Os dois primeiros atingiram principalmente as fisionomias mais abertas e queimaram menos de 30% da Reserva Ecológica³³, enquanto os dois últimos queimaram quase que totalmente a área protegida, incluindo as fisionomias abertas e florestais³⁴.

Composição da comunidade de pequenos mamíferos e mudanças temporais

Desde agosto de 2010 conduzimos um estudo sobre a comunidade de pequenos mamíferos não-voadores na REP, através de capturas de indivíduos em campanhas mensais em uma área de cerrado denso (sensu¹⁸), utilizando apenas armadilhas do tipo Sherman dispostas em uma parcela de 1,12 hectares. Ao longo dos dez anos de estudo (entre 2010 e 2020), registramos dez espécies de pequenos mamíferos, sendo dois marsupiais e oito roedores (Tabela 1). Aparentemente, o esforço utilizado (em número de armadilhas e tempo de trabalho) foi suficiente para registrar as espécies pertencentes à comunidade que habita o cerrado denso (Figura 1), uma vez que a curva de acumulação de espécies apresenta uma tendência de estabilização. Porém, nossos resultados apontam uma menor riqueza de espécies em comparação a um estudo anterior realizado na REP (ver Tabela 1), que registrou nove espécies com armadilhas do tipo Sherman e mais oito espécies adicionais através do uso de armadilhas de interceptação e queda e câmeras-trap. É importante ressaltar que esse estudo anterior dispôs armadilhas ao longo de diferentes fisionomias da REP (incluindo mata de galeria, cerrado ralo, cerradão, cerrado sentido restrito e cerrado denso (sensu¹⁸), enquanto os dados do nosso estudo se restringem apenas ao cerrado denso.

Tabela 1. Lista das espécies de pequenos mamíferos não-voadores registrados na Reserva Ecológica do Panga, incluindo seus hábitos, tipo de hábitat, forma de amostragem (Sh = armadilhas Sherman, AQ = armadilha de interceptação e queda, AF = armadilha fotográfica) e fisionomia de registro (M = mata de galeria ou mata semi-decídua, C = cerrado, NI = não-informado e AA = área antropizada). As espécies marcadas com asterisco foram capturadas apenas no estudo realizado por Bruna *et al.* (2010).

Espécie	Hábito	Habitat	Registros
Didelphimorphia: Didelphidae			
<i>Caluromys lanatus</i> * (Olfers, 1818)	arborícola	formações fechadas	AF (NI)
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	escansorial	formações abertas, antropizadas	Sh e AQ (M/C)
<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	escansorial/ arborícola	formações fechadas	Sh e AQ (M/C)

<i>Thylamys karimii</i> * (Desmarest, 1804)	escansorial	formações fechadas	AQ (NI)
Rodentia: Cricetidae			
<i>Calomys expulsus</i> * (Lund, 1841)	terrestre	formações abertas	AQ (M/C/AA)
<i>Calomys tener</i> (Winge, 1887)	terrestre	formações abertas	Sh e AQ (M/C)
<i>Cerradomys scotti</i> (Langguth & Bonvicino, 2002)	terrestre	formações abertas	Sh (C)
<i>Cerradomys subflavus</i> (Wagner, 1842)	terrestre	formações abertas	Sh (M/C)
<i>Hylaeamys megacephalus</i> (Fischer, 1814)	terrestre	formações fechadas	Sh (C/M)
<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1841)	terrestre	formações abertas, antropizadas	Sh e AQ (M/C/AA)
<i>Oecomys bicolor</i> * (Tomes, 1860)	arborícola	formações fechadas	Sh (M)
<i>Oligoryzomys flavescens</i> (Waterhouse, 1837)	terrestre	formações abertas	Sh (C)
<i>Oligoryzomys fornesi</i> * (Massoia, 1973)	escansorial	formações abertas	AQ (M/AA)
<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)	escansorial	formações abertas	Sh (C/M/AA)
<i>Oxymycterus delator</i> * (Thomas, 1903)	terrestre/ semifossorial	formações abertas	AQ (AA)
<i>Pseudoryzomys simplex</i> * (Winge, 1887)	terrestre	formações abertas	AQ (NI)
<i>Rhipidomys cf. mastacalis</i> (Lund, 1840)	arborícola	formações fechadas	Sh (M/C)
Rodentia: Muridae			
<i>Rattus rattus</i> * (Linnaeus, 1758)	terrestre	formações abertas, antropizadas	Sh (M/C)

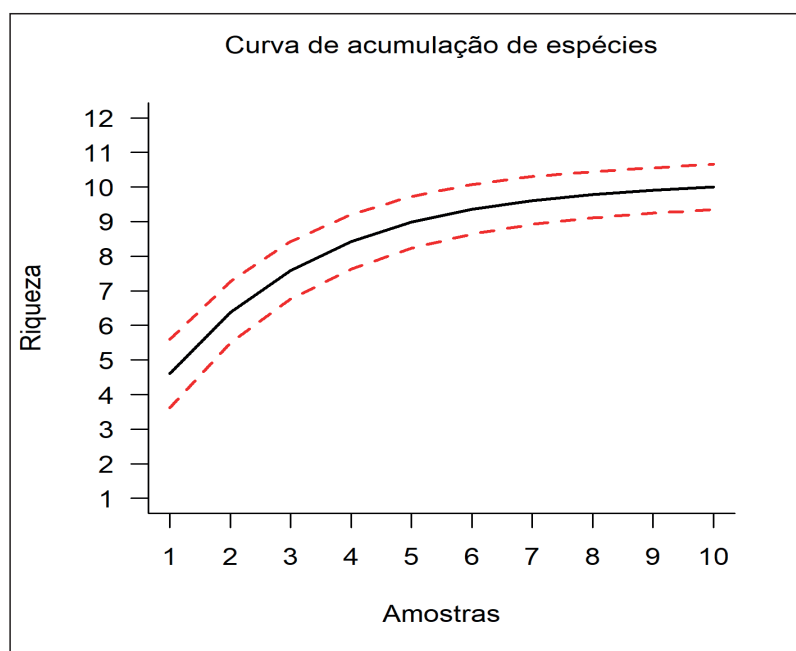


Figura 1. Curva de acumulação de espécies baseada em 10 anos de coletas em uma área de cerrado denso na Reserva Ecológica do Panga (linhas tracejadas em vermelho representam os intervalos de confiança nos valores de riqueza de espécies observados). A curva mostra uma tendência de estabilização no número de espécies registradas na área de estudo.

Somando os dois estudos já realizados na REP, encontramos uma riqueza total de 18 espécies de pequenos mamíferos não-voadores na área. Podemos destacar a presença de uma espécie endêmica (o roedor *Oecomys cf. cleberi*), uma espécie listada como vulnerável pela Rede de Conservação Internacional (o marsupial *Thylamys karimii*), e uma espécie exótica (o roedor *Rattus rattus*). Apesar de a REP ser uma área de proteção pequena, com apenas 404 hectares, o número de espécies se assemelha ao de outras áreas protegidas de Cerrado com quase 10 vezes o seu tamanho. É o caso da Estação Ecológica do Jardim Botânico e da Fazenda Água Limpa (ambas no Distrito Federal, com 5000 e 4004 hectares, respectivamente) que apresentam 11 e 19 espécies, respectivamente³⁵. O menor número de espécies encontrado ao longo dos dez anos de amostragem na REP (entre 2010 e 2020) não parece refletir uma mudança temporal na comunidade de pequenos mamíferos não-voadores, e sim uma consequência do menor número de tipos vegetacionais amostrados e de métodos de captura empregados nesse período. De fato, parece haver uma relação positiva entre a variedade de tipos vegetacionais amostrados e a riqueza de espécies no Cerrado³⁵, uma vez que existem espécies associadas a ambientes florestais e espécies associadas a ambientes mais abertos. Essa segregação no uso do hábitat é uma característica da fauna de pequenos mamíferos do Cerrado. Além disso, na REP diversas espécies de pequenos mamíferos só foram capturadas com o emprego de armadilhas de interceptação e queda, que foram utilizadas apenas ocasionalmente em estudos anteriores³².

Por outro lado, ao longo dos dez anos de estudo no cerrado denso, pudemos observar uma mudança temporal na estrutura da comunidade de pequenos mamíferos em decorrência dos incêndios que acometeram a área estudada. Essa mudança se deu tanto na riqueza, quanto na composição e abundância das espécies de pequenos mamíferos. Durante todo nosso monitoramento, as espécies mais abundantes na área de cerrado denso foram o marsupial *Gracilinanus agilis* e o roedor *Rhipidomys macrurus*. Entretanto, os dois incêndios que acometeram a reserva impactaram negativamente as populações dessas duas espécies, o que pode ter contribuído para a modificação da composição da comunidade de pequenos mamíferos após os incêndios. Estudos anteriores com *G. agilis* e *R. macrurus* na REP sugerem que os incêndios severos ocorridos em 2014 e 2017 não causaram impactos diretos sobre a sobrevivência dos indivíduos^{36,37}. Em contrapartida, há evidências robustas de que os incêndios afetaram negativamente de forma indireta as populações dessas duas espécies. Nos anos após os incêndios, as populações de *G. agilis* e *R. macrurus* apresentaram redução em sua abundância, e mesmo após os incêndios, ambas as espécies não conseguiram retornar aos valores de abundância originais (Figura 2). Nossos resultados indicaram que o fogo exerceu um efeito na capacidade de suporte do ambiente³⁷, reduzindo assim o número de indivíduos que a área de estudo consegue suportar para cada população, provavelmente devido ao efeito do fogo sobre a estrutura da vegetação e disponibilidade de recursos. De fato, logo após os incêndios encontramos os menores valores de um índice de vegetação (NDVI), obtido através de imagens digitais, que representa a densidade da vegetação e produtividade primária³⁷.

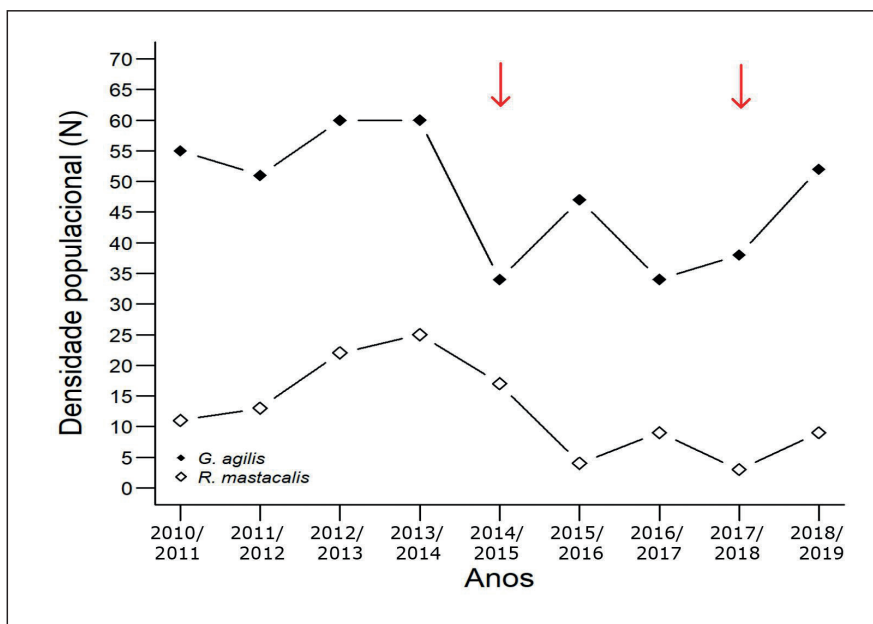


Figura 2. Flutuações nos tamanhos populacionais (estimados pelo método MNKA) das espécies mais abundantes no cerrado denso da REP durante estudo. As setas vermelhas indicam os anos de ocorrência dos incêndios (2014 e 2017).

Alinhado a esse resultado, verificamos uma alteração na riqueza de espécies antes e depois dos incêndios. Antes do primeiro incêndio (período de 2010 a 2014), registramos sete espécies de pequenos mamíferos (Figura 3). Após a primeira queima (2014 a 2017), também registramos sete espécies, entretanto, duas registradas anteriormente não foram mais encontradas (*Oecomys cf. cleberi* e *Oligoryzomys flavescens*), enquanto duas outras foram registradas pela primeira vez (*Cerradomys subflavus* e *Didelphis albiventris*). Por fim, após o segundo incêndio (entre 2017 e 2019), registramos dez espécies na comunidade, todas já registradas anteriormente, mas com o acréscimo de um roedor que apareceu pela primeira vez (*Oligoryzomys nigripes*) na área de estudo. Além disso, é possível observar pelo mapa de calor que a abundância de cada uma das espécies na comunidade se alterou ao longo do tempo (ver Figura 4), fazendo com que as comunidades antes e depois dos incêndios formassem dois grupos distintos (Figura 5) de acordo não só com a presença/ausência das espécies, mas também com a abundância de cada uma nos diferentes períodos. *Gracilinanus agilis*, *Rhipidomys macrurus* e *Hylaeamys megacephalus* apresentaram um padrão de redução dos tamanhos populacionais após o primeiro e segundo incêndio. *Oligoryzomys flavescens* e *Oecomys cf. cleberi* também apresentaram declínio populacional após o primeiro incêndio, porém diferentemente das espécies acima, a figura aponta que após o segundo incêndio ambas já estão em processo de recuperação populacional. Por outro lado, *Oligoryzomys nigripes*, *Didelphis albiventris*, *Necromys lasiurus*, *Calomys tener* e *Cerradomys subflavus* apresentaram o padrão contrário, ou seja, aumento da abundância após os incêndios. Porém, enquanto as duas primeiras espécies apresentaram aumento progressivo da abundância após o primeiro e especialmente o segundo incêndio, as três últimas apresentaram um progressivo declínio em suas populações após o segundo incêndio.

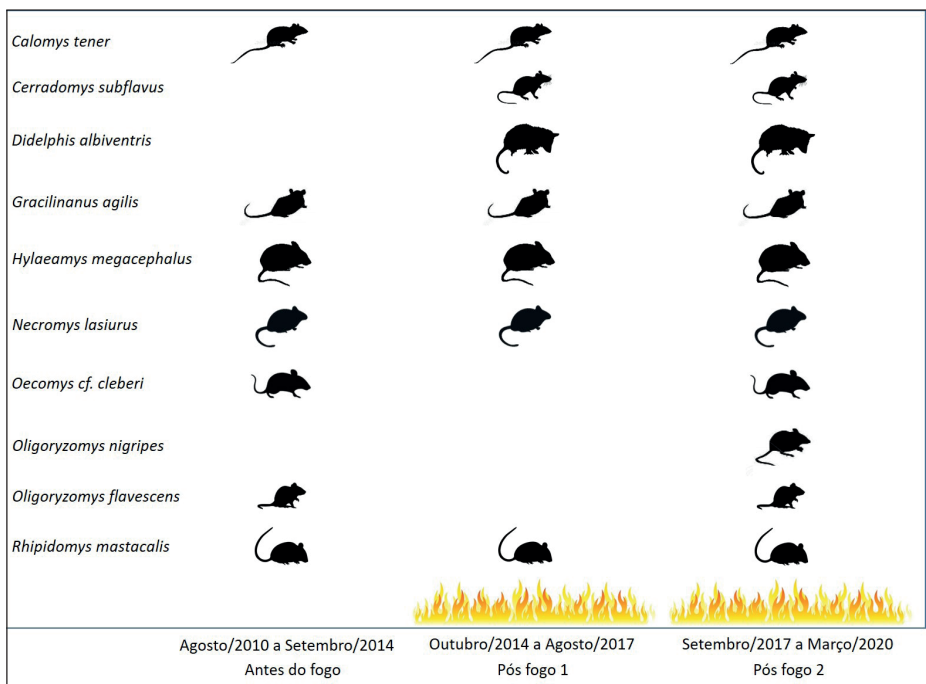


Figura 3. Composição de espécies de pequenos mamíferos registrados no cerrado denso da Reserva Ecológica do Panga entre 2010 e 2020, por meio de armadilhas Sherman. As figuras ilustrativas representam presença ou ausência de cada espécie.

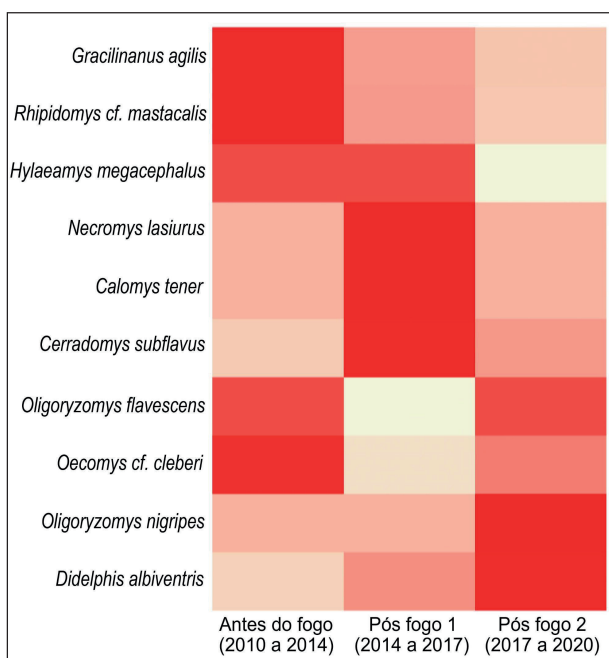


Figura 4. Mapa de calor da abundância das espécies nos períodos antes (2010 a 2014) e depois do primeiro (2014 a 2017) e segundo (2017 a 2020) incêndio na Reserva Ecológica do Panga. O esforço amostral foi semelhante entre todos os períodos. Maior abundância é representada por retângulos vermelho escuro, enquanto menor abundância é representada por retângulos menos coloridos.

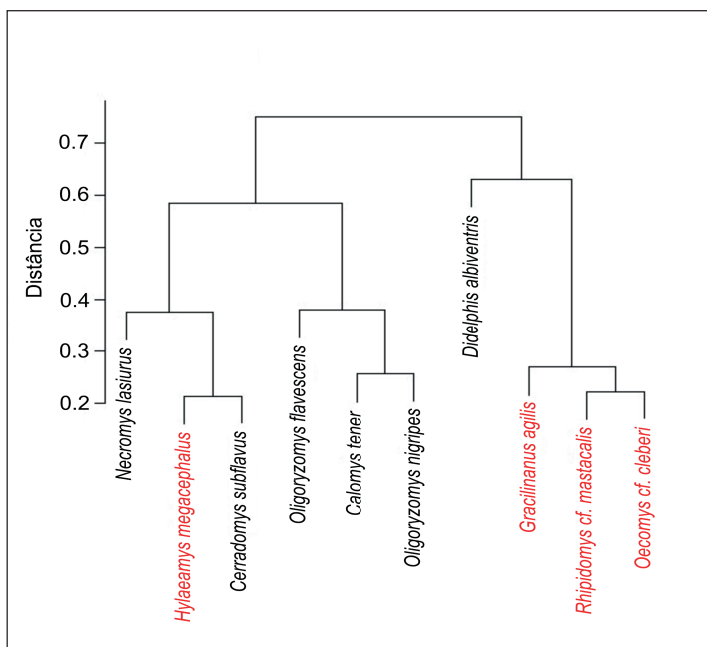


Figura 5. Dendrograma representando os grupos funcionais das espécies de pequenos mamíferos não-voadores registrados na área de cerrado denso da Reserva Ecológica do Panga entre 2010 e 2020. Para construção do dendrograma foram usados dados de massa corporal e de porcentagem de consumo de diferentes itens alimentares (frutos, sementes de gramíneas, insetos e carne), uso de diferentes habitats (campo, floresta, antrópico, arbustivo), e locomoção em diferentes estratos (terrestre, arborícola, fossorial, semi-aquático) para cada espécie, baseado em informações da IUCN e da literatura. As espécies marcadas em vermelho são aquelas que apresentaram declínio em abundância após os incêndios, enquanto as espécies em preto foram beneficiadas pelos incêndios.

Refletindo os efeitos diferenciais do fogo sobre as espécies da comunidade, encontramos uma alteração na diversidade funcional da comunidade antes e depois dos eventos de fogo. A diversidade funcional é uma métrica que considera as diferentes funções e atributos (dieta, habitat, hábitos e massa corporal) das espécies que compõem a comunidade^{38,39}, incorporando assim as atividades diversificadas que os organismos desempenham no ambiente e seu papel no funcionamento dos ecossistemas. Dessa maneira, essa medida fornece uma visão mais completa sobre a comunidade do que uma medida de riqueza ou diversidade. Baseado no índice de diversidade funcional de Petchey & Gaston³⁹, observamos um aumento da diversidade funcional após os incêndios (FD antes = 6,87 e FD depois = 9,6) na REP. Essa diferença reflete uma maior contribuição das espécies do primeiro grupo funcional, formado essencialmente por espécies terrestres e insetívoras com diferentes tamanhos corporais, e uma redução da dominância das espécies que compõem o segundo grupo funcional após os incêndios (Figura 5). O segundo grupo é composto basicamente por espécies escansoriais/arborícolas, que consomem frutos com maior frequência do que as espécies do primeiro grupo, e que são as espécies negativamente afetadas pelo incêndio (ver Figura 5 e 6). Nesse grupo, podemos destacar *Didelphis albiventris*, que se encontra mais distante das outras três espécies (*G. agilis*, *R. macrurus* e *O. cf. cleberi*) devido ao seu hábito generalista, o que propiciou um aumento da sua população após o incêndio.

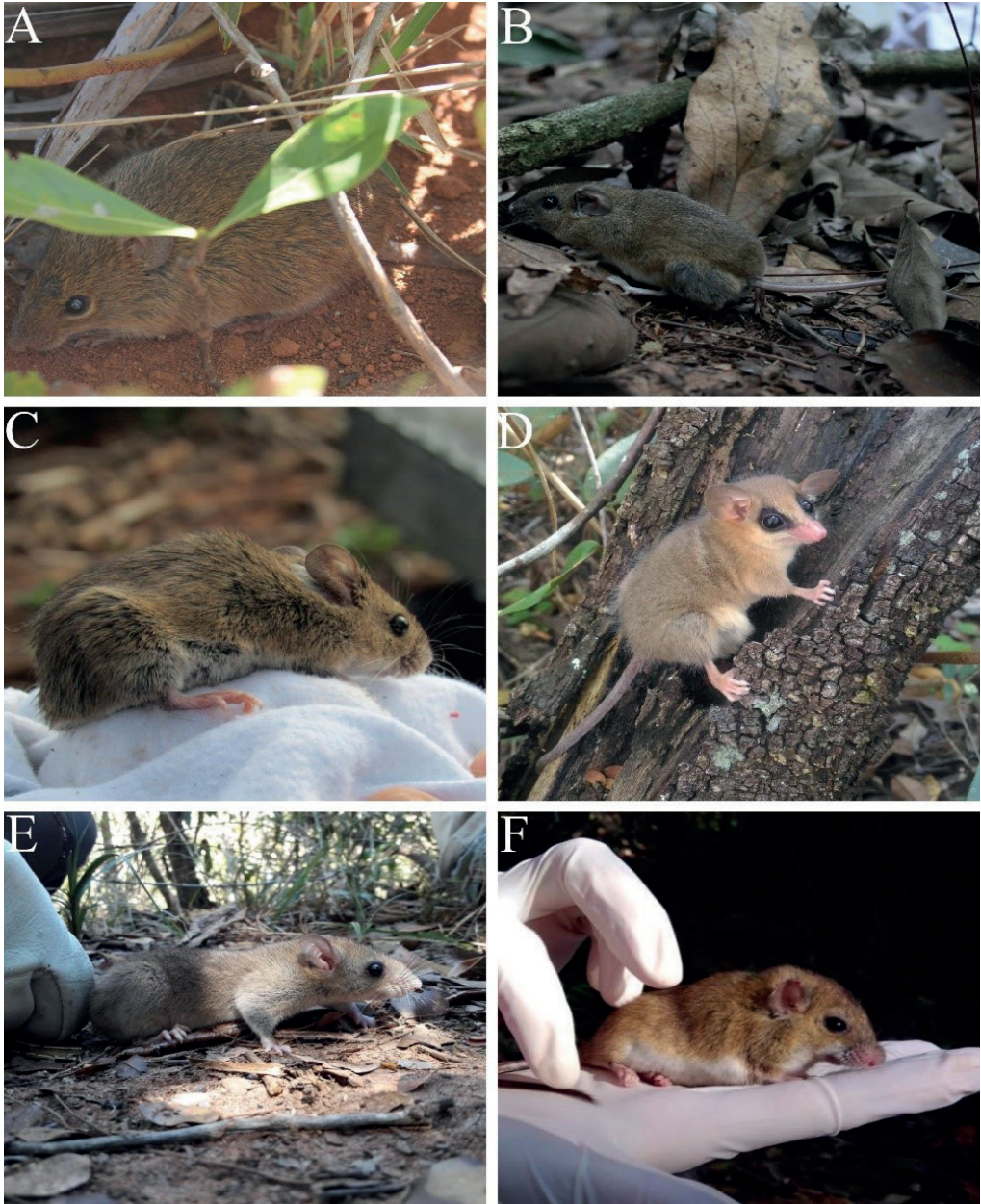


Figura 6. Algumas das espécies registradas na Reserva Ecológica do Panga representando os distintos grupos funcionais. (A) *Necromys lasiurus*, (B) *Hylaeamys megacephalus* e (C) *Calomys tener* fazem parte do primeiro grupo funcional, enquanto (D) *Gracilinanus agilis* (E) *Rhipidomys macrurus* e (F) *Oecomys cf. cleberi* representam o segundo grupo funcional (espécies escansoriais/arborícolas e negativamente afetadas pelos incêndios).

Discussão

Os efeitos dos incêndios na fauna podem ser diretos ou indiretos. Os efeitos diretos são aqueles causados pela inalação de fumaça e pelo contato direto com as chamas, causando mortalidade dos indivíduos. Espera-se que o efeito direto seja maior em animais de maior massa corporal, uma vez que indivíduos menores conseguem se abrigar em cavidades do solo, adquirindo proteção contra os efeitos da queima⁴⁰. Em contrapartida, os efeitos indiretos do fogo ocorrem através da modificação da estrutura da vegetação e da disponibilidade de recursos para as espécies. Em ambientes onde o fogo é um distúrbio recorrente, como nas savanas, os incêndios tendem a influenciar indiretamente a fauna, uma vez que registros de extinções locais são raros^{16,40}.

A resposta das populações e comunidades de pequenos mamíferos a eventos de incêndios são complexas e dependentes de características como o tipo de ambiente, a intensidade da queimada e a história de vida das espécies⁴¹. No Cerrado, o fogo reduz a cobertura e densidade de plantas lenhosas^{42,43}, o que pode afetar indiretamente os pequenos mamíferos através da perda da conectividade estrutural entre os estratos e redução da disponibilidade de abrigo e rotas de fuga contra predadores para esses animais. Tais mudanças no ambiente podem alterar a sobrevivência e abundância das espécies da fauna^{15,36,37}, especialmente em formações florestais onde o efeito do fogo é mais intenso sobre as plantas¹² e onde os animais são muitas vezes mais dependentes da complexidade estrutural da vegetação¹⁵. De fato, muitos estudos já demonstraram que o fogo inicia um processo sucessional na comunidade de pequenos mamíferos do Cerrado, caracterizado inicialmente pelo declínio das espécies arborícolas e posterior recolonização por espécies terrestres e de hábitos generalistas⁴⁴. Nosso monitoramento dá suporte a esse padrão e mostra que a resposta das espécies de pequenos mamíferos não-voadores aos efeitos dos incêndios é fortemente influenciada pela dependência e frequência de uso de estratos superiores do ambiente por cada espécie.

Enquanto as espécies que dependem da conectividade estrutural da vegetação são negativamente afetadas pela redução da cobertura e densidade de plantas lenhosas após o fogo, espécies terrestres e de pequeno tamanho corporal tendem a ser favorecidas pelo rápido aumento na cobertura de gramíneas nas áreas queimadas⁴⁴. De fato, já foi demonstrado que espécies como *Necromys lasiurus* preferem habitats com maior cobertura de gramíneas e menor cobertura de arbustos e árvores⁴⁵, provavelmente devido à maior disponibilidade de abrigos para escapar de predadores. Ao mesmo tempo, para essas espécies há um *boom* de recursos alimentares, representados pela rápida rebrota de folhas e flores após a passagem do fogo, assim como a abundância de sementes de gramíneas, por exemplo¹⁰. Com o passar do tempo, seguindo o processo sucessional, as espécies lenhosas voltam a ocupar o espaço e a cobertura de gramíneas é suprimida⁴⁶, tornando assim o habitat menos adequado para pequenos mamíferos presentes no início da sucessão. Assim como o fogo alterou a abundância das espécies, demonstramos que os incêndios ocorridos no local de estudo modificaram a diversidade funcional da comunidade, promovendo um incremento na mesma através do aumento da representatividade de espécies terrestres e de áreas abertas, que eram raras ou ausentes da comunidade do cerrado denso antes dos incêndios. Apesar dos resultados sugerirem que essas mudanças na comunidade estejam associadas às alterações provocadas pelo fogo, não podemos descartar a possibilidade de que as flutuações populacionais das

diferentes espécies reflitam apenas ciclos populacionais das espécies, especialmente porque, com exceção de *G. agilis* e *R. macrurus*, não foi possível fazer um estudo detalhado dos processos por trás da dinâmica populacional de cada espécie

O padrão encontrado de efeito do fogo sobre a comunidade parece estar atrelado à hipótese de que a pirodiversidade promove a biodiversidade⁴⁷. A pirodiversidade pode ser descrita como o grau de variação contido nas diferentes dimensões do regime de fogo, como sazonalidade, intensidade e frequência. Essa variação resulta em um mosaico de fases sucessionais no ambiente, garantindo maior heterogeneidade e consequentemente favorecendo o incremento na riqueza e diversidade de espécies, como já demonstrado, por exemplo, para formigas⁴⁸ e aves⁴⁹. Dentro desse contexto, está embutida a ideia de que tanto a supressão do fogo, quanto a ocorrência de incêndios a intervalos muito curtos e intensidades muito altas, podem reduzir a diversidade vegetal e animal. Alinhados a essa hipótese, existem muitos trabalhos que relatam que a supressão do fogo em áreas de conservação do Cerrado promove mudanças estruturais na vegetação, principalmente em decorrência do aumento da abundância de plantas lenhosas e sombreamento e limitação da ocorrência de plantas associadas a vegetações mais abertas⁵⁰. Esse processo de adensamento da vegetação exclui localmente espécies vegetais e reduz a diversidade de fitofisionomias^{11,18,50}, podendo alterar a comunidade de espécies animais. De fato, a REP parece vir sofrendo um processo de adensamento da vegetação em virtude do programa de supressão de incêndios naturais¹⁸. Apesar de nosso monitoramento ser realizado em uma pequena área de cerrado denso (1,12 ha), a estrutura da comunidade de pequenos mamíferos não-voadores no período pré-fogo parece ser um reflexo desse processo de adensamento. Nesse período, a comunidade de pequenos mamíferos apresentou menor diversidade funcional e foi dominada basicamente por duas espécies arbóricolas, muito provavelmente em função do ambiente dominado por espécies vegetais arbustivas (como *Miconia albicans*) e arbóreas.

Incêndios naturais no Cerrado ocorrem periodicamente a cada 3 a 6 anos⁸, e a supressão desses eventos naturais podem não só promover o adensamento da vegetação¹⁶, mas também proporcionar acúmulo de biomassa inflamável no solo, o que aumenta a probabilidade de ocorrência de incêndios incontroláveis e de altas intensidades²³, os quais causam impactos negativos sobre a biodiversidade⁶. Dentro desse contexto, a alteração do regime e da intensidade de incêndios no Cerrado como consequência das mudanças climáticas e ações humanas pode também ter consequências deletérias para a biodiversidade⁶, como previsto pela hipótese da pirodiversidade⁴⁷. De fato, um estudo recente demonstrou a extinção local das espécies dominantes de pequenos mamíferos em formações florestais de Cerrado após um incêndio severo (*Gracilinanus agilis* e *Rhipidomys macrurus*), com um intervalo de dois anos para a recolonização das mesmas¹⁵. Uma vez que tais espécies atuam como agentes dispersores de sementes e ajudam a sustentar a dieta de mesocarnívoros, sua perda pode contribuir para desequilibrar as interações ecológicas e comprometer o funcionamento do ecossistema²⁹. Ao mesmo tempo, distúrbios muito frequentes promovem a explosão populacional de roedores de estágios iniciais da sucessão, os quais funcionam como reservatórios de doenças zoonóticas, de maneira que podem promover a disseminação das mesmas^{28,51}. De fato, um estudo já demonstrou que *Calomys tener* e *Necromys lasiurus* tendem a proliferar em ambientes sujeitos ao fogo recorrente (plantações de cana com tratamento de queimada anual, antes da colheita), e que essa explosão populacional pode promover a disseminação da hantavirose⁵¹.

Conclusões

A alta diversidade de espécies encontrada na área estudada indica a importância de garantir a proteção de pequenos remanescentes de Cerrado. Como demonstramos neste capítulo, a diversidade de espécies de pequenos mamíferos não-voadores na REP foi semelhante à encontrada em outros sítios mais preservados ou com áreas quase 10 vezes maiores do que a REP no bioma Cerrado³⁵. Além disso, a REP abriga uma espécie considerada vulnerável e uma espécie endêmica do Cerrado, mostrando a importância da conservação dessa área para a persistência dessas espécies.

Ao mesmo tempo, mostramos que distúrbios como o fogo afetam a dinâmica temporal das comunidades de pequenos mamíferos, alterando a abundância das espécies ao longo do tempo. Apesar de não termos uma área controle sem fogo para comparar as flutuações populacionais de cada espécie, foi possível notar que as espécies terrestres e comumente encontradas em formações mais abertas de Cerrado apresentaram aumento da abundância após os incêndios, enquanto o padrão oposto ocorreu com as espécies de formações florestais. Além disso, espécies mais generalistas, como *Didelphis albiventris* que ocupa diversos tipos de ambientes incluindo habitats mais antropizados, também se beneficiaram da alteração na estrutura da vegetação pós fogo. Sendo assim, os resultados sugerem que o efeito do fogo não é unidirecional, de maneira que há espécies que são favorecidas e outras que são prejudicadas por esse distúrbio. As respostas (positivas ou negativas) das espécies de pequenos mamíferos, assim como a velocidade da recolonização após o fogo, são determinadas pela história de vida, hábito e dieta dos organismos e pela intensidade/severidade do fogo^{37,41}. O fogo é um distúrbio natural e recorrente no Cerrado, e os nossos resultados indicam que esse distúrbio pode contribuir para a diversidade de espécies de pequenos mamíferos quando manejado corretamente. Como proposto na hipótese de pirodiversidade⁴⁷, os regimes de fogo extremos (como total supressão do distúrbio ou ocorrência de incêndios severos a intervalos muito curtos) reduzem a heterogeneidade ambiental, o que parece estar atrelado a menor diversidade funcional observada antes do fogo na nossa área de estudo. De fato, a supressão do fogo causou o adensamento da vegetação e a ocupação do ambiente por espécies arbóreas na REP¹⁸, o que parece ter contribuído para dominância das espécies animais associadas a elas, como é o caso de *G. agilis* e *R. macrurus*.

Dentro desse contexto, acreditamos que há uma necessidade de se discutir e revisar as políticas de conservação brasileira, principalmente as relacionadas ao manejo do fogo em áreas de preservação do Cerrado. Acreditamos que áreas florestais não adaptadas ao fogo devem ser protegidas, uma vez que o efeito dos incêndios tendem a ser mais intensos nessas formações, devido a menor resiliência e maior sensibilidade das espécies vegetais ali existentes ao fogo¹². Porém, acreditamos que a proteção dessas áreas deve estar aliada com queimas periódicas em formações tipicamente savânicas, reduzindo o adensamento vegetacional e mantendo o mosaico de fitofisionomias do Cerrado, característica marcante desse bioma. Além disso, as queimas periódicas em formações savânicas podem reduzir a biomassa inflamável acumulada no solo, que é responsável por aumentar a intensidade e duração de incêndios acidentais ou criminosos em áreas de preservação^{6,10}. Já foi demonstrado que esse conjunto de políticas de conservação reduz a ocorrência e a extensão da área afetada por incêndios

catastróficos no Cerrado^{40,53}. Ao mesmo tempo, estudos sugerem que os fogos prescritos não afetam ou até mesmo contribuem para a biodiversidade^{40,48}, apesar de existirem resultados ambíguos nesse sentido, em função das respostas específicas e imprevisíveis de alguns grupos taxonômicos⁵⁴. Sendo assim, consideramos urgente a discussão e cuidadosa implementação de políticas de manejo do fogo para garantir a manutenção da biodiversidade na REP, que é um dos maiores fragmentos de vegetação nativa em área protegida no Triângulo Mineiro e abarca uma grande diversidade de espécies de fauna e flora do Cerrado, assim como em outras Unidades de Conservação situados em ecossistemas dependentes do fogo no Brasil.

Referências

- ¹ Johnson, C. N. *et al.* Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science* **356**, 270–275 (2017).
- ² Otto, F. E. L. *et al.* Anthropogenic influence on the drivers of the Western Cape drought 2015–2017. *Environ. Res. Lett.* **13**, 124010 (2018).
- ³ Newman, E. A. Disturbance Ecology in the Anthropocene. *Front. Ecol. Evol.* **7**, 147 (2019).
- ⁴ Dornelas, M. Disturbance and change in biodiversity. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **365**, 3719–3727 (2010).
- ⁵ Hardesty, J., Myers, R. & Fulks, W. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *George Wright Forum* **22**, 78–87 (2005).
- ⁶ Pivello, V. R. *et al.* Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspect. Ecol. Conserv.* **19**, 233–255 (2021).
- ⁷ Ramos-Neto, M. B. & Pivello, V. R. Lightning fires in a Brazilian Savanna National Park: Rethinking Management Strategies. *Environ. Manage.* **26**, 675–684 (2000).
- ⁸ Pereira Júnior, A. C. *et al.* Modelling fire frequency in a Cerrado savanna protected area. *PLoS ONE* **9**, e102380 (2014).
- ⁹ Durigan, G. & Ratter, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. *J. Appl. Ecol.* **53**, 11–15 (2016).
- ¹⁰ Pivello, V. R. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecol.* **7**, 24–39 (2011).
- ¹¹ Abreu, R. C. R. *et al.* The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Sci. Adv.* **3**, e1701284 (2017).
- ¹² Hoffmann, W. A. & Moreira, A. G. The role of fire in population dynamics of woody plants, in *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (eds Oliveira, P. S. & Marquis, R. J.) 159–177 (Columbia University Press, 2002).
- ¹³ Vasconcelos, H. L., Maravalhas, J. B. & Cornelissen, T. Effects of fire disturbance on ant abundance and diversity: a global meta-analysis. *Biodivers. Conserv.* **26**, 177–188 (2017).

- ¹⁴ Abom, R. & Schwarzkopf, L. Short-term responses of reptile assemblages to fire in native and weedy tropical savannah. *Glob. Ecol. Conserv.* **6**, 58–66 (2016).
- ¹⁵ Mendonça, A. F. *et al.* Effects of an extensive fire on arboreal small mammal populations in a neotropical savanna woodland. *J. Mammal.* **96**, 368–379 (2015).
- ¹⁶ Silveira, L. *et al.* Impact of wildfires on the megafauna of Emas National Park, central Brazil. *Oryx* **33**, 108–114 (1999).
- ¹⁷ Stevens, N. *et al.* Savanna woody encroachment is widespread across three continents. *Glob. Change Biol.* **23**, 235–244 (2017).
- ¹⁸ Gonçalves, R. V. S. *et al.* Changes in the Cerrado vegetation structure: insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecol.* **21**, 55–64 (2021).
- ¹⁹ Bond, W. J. & Parr, C. L. Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. *Biol. Conserv.* **143**, 2395–2404 (2010).
- ²⁰ Santos, A. C. *et al.* Managing fires in a changing world: Fuel and weather determine fire behavior and safety in the neotropical savannas. *J. Environ. Manage.* **289**, 112508 (2021).
- ²¹ Bowman, D. M. J. S. *et al.* Fire in the Earth System. *Science* **324**, 481–484 (2009).
- ²² Myers, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* **403**, 853–858 (2000).
- ²³ Sano, E. E. *et al.* Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environ. Monit. Assess.* **166**, 113–124 (2010).
- ²⁴ Hofmann, G. S. *et al.* The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. *Glob. Change Biol.* **27**, 4060–4073 (2021).
- ²⁵ Prado-Júnior, J. A. *et al.* Spatio-temporal changes in the structure of ant, bee and tree communities in the Brazilian Cerrado. *Oecol. Aust.* **24**, 448–460 (2020).
- ²⁶ Rowe, R. J. & Terry, R. C. Small mammal responses to environmental change: integrating past and present dynamics. *J. Mammal.* **95**, 1157–1174 (2014).
- ²⁷ Carmignotto, A. P., de Vivo, M. & Langguth, A. Mammals of the Cerrado and Caatinga - Distribution patterns of the tropical open biomes of central South America, in *Bones, Clones and Biomes* (eds Patterson, B. D. & Costa, L. C. P.) 317–350 (Chicago Press, 2012).
- ²⁸ Keesing, F. & Young, T. P. Cascading consequences of the loss of large mammals in an African savanna. *BioScience* **64**, 487–495 (2014).
- ²⁹ Lacher, T. E. *et al.* The functional roles of mammals in ecosystems. *J. Mammal.* **100**, 942–964 (2019).
- ³⁰ Costa, A. A. & Araújo, G. M. Comparison of the arboreal vegetation of cerradão and cerrado in the Panga Reserve, Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Acta Bot Bras.* **15**, 63–72 (2001).
- ³¹ Marçal-Júnior, O. *et al.* Levantamento da avifauna na Reserva Ecológica Panga (Uberlândia, MG, Brasil). *Biosci. J.* **25**, 149–164 (2009).

- ³² Bruna, E. M. *et al.* Mammalia, Estação Ecológica do Panga, a Cerrado protected area in Minas Gerais state, Brazil. *Check List* **6**, 668 (2010).
- ³³ Vasconcelos, H. L. *et al.* Dynamics of the leaf-litter arthropod fauna following fire in a neotropical woodland savanna. *PLoS ONE* **4**, e7762 (2009).
- ³⁴ Rosa, T. F. *et al.* The effects of high-severity fires on the arboreal ant community of a Neotropical savanna. *Oecologia* **196**, 951–961 (2021).
- ³⁵ Mendonça, A. *et al.* Cerrado small mammals: abundance and distribution of marsupials, lagomorphs, and rodents in a Neotropical savanna. *Ecology* **99**, 1900–1900 (2018).
- ³⁶ Rossi, R. C. Efeitos do fogo sobre aspectos populacionais de *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia, Didelphidae). Monografia de graduação. Uberlândia (BR): Universidade Federal de Uberlândia (2018).
- ³⁷ Rossi, R. C. Influência de fatores endógenos e exógenos na dinâmica populacional de dois pequenos mamíferos em uma área de cerrado denso na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia/MG, Brasil). Dissertação de mestrado. Uberlândia (BR): Universidade Federal de Uberlândia (2021).
- ³⁸ Díaz, S. & Cabido, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* **16**, 646–655 (2001).
- ³⁹ Petchey, O. L. & Gaston, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.* **9**, 741–758 (2006).
- ⁴⁰ Durigan, G. *et al.* No net loss of species diversity after prescribed fires in the Brazilian savanna. *Front. For. Glob. Change* **3**, 13 (2020).
- ⁴¹ Whelan, R. J. Approaches to population studies, in *The ecology of fire* (ed Whelan, R. J.) 135–150 (Cambridge University Press, 1995).
- ⁴² Miranda, H. S., Bustamante, M. M. C. & Miranda, A. C. The fire factor, in *The Cerrados of Brazil. Ecology and natural history of a Neotropical Savanna* (eds Oliveira, P. S. & Marquis, R. J.) 51–68 (Columbia University Press, 2002).
- ⁴³ Hoffmann, W. A. & Solbrig, O. T. The role of topkill in the differential response of savanna woody species to fire. *For. Ecol. Manag.* **180**, 273–286 (2003).
- ⁴⁴ Briani, D. C. *et al.* Post-fire succession of small mammals in the Cerrado of central Brazil. *Biodivers. Conserv.* **13**, 1023–1037 (2004).
- ⁴⁵ Henriques, R. P. B. & Alho, C. J. R. Microhabitat selection by two rodent species in the cerrado of Central Brazil. *Mammalia* **55**, (1991).
- ⁴⁶ Moreira, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. *J. Biogeogr.* **27**, 1021–1029 (2000).
- ⁴⁷ Martin, R. E. & Sapsis, D. B. Fires as agents of biodiversity: pyrodiversity promotes biodiversity. *Proceedings of the Symposium on Biodiversity of Northwestern California* **29**, 150–157 (1992).

- ⁴⁸ Maravalhas, J. & Vasconcelos, H. L. Revisiting the pyrodiversity-biodiversity hypothesis: long-term fire regimes and the structure of ant communities in a Neotropical savanna hotspot. *J. Appl. Ecol.* **51**, 1661–1668 (2014).
- ⁴⁹ Tingley, M. W. *et al.* Pyrodiversity promotes avian diversity over the decade following forest fire. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **283**, 20161703 (2016).
- ⁵⁰ Rosan, T. M. *et al.* Extensive 21st-century woody encroachment in South America’s savanna. *Geophys. Res. Lett.* **46**, 6594–6603 (2019).
- ⁵¹ Gheler-Costa, C. *et al.* The effect of pre-harvest fire on the small mammal assemblage in sugarcane fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* **171**, 85–89 (2013).
- ⁵² Maravalhas, J. B. *et al.* O sítio “Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás” do Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração do CNPq: ampliando o conhecimento do Cerrado, in *Ecologia e conservação dos cerrados, campos e florestas do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás* (ed Vasconcelos, H. L.) 15–23 (Regência e Arte, 2020).
- ⁵³ Berlinck, C. N. & Lima, L. H. A. Implementation of integrated fire management in Brazilian federal protected areas: results and perspectives. *Biodiversidade Bras.* **11** (2), 128–138 (2021).
- ⁵⁴ Pastro, L. A., Dickman, C. R. & Letnic, M. Burning for biodiversity or burning biodiversity? Prescribed burn vs. wildfire impacts on plants, lizards, and mammals. *Ecol. Appl.* **21**, 3238–3253 (2011).

CAPÍTULO 7

RELAÇÕES TEMPORAIS ENTRE ESPÉCIES SIMPÁTRICAS E EXÓTICAS: O CASO DOS MAMÍFEROS DE MÉDIO E GRANDE PORTE DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA, MG

Luma Astun Lopes

Letícia Benavalli

Kátia Gomes Facure Giaretta

Hugo Cardoso de Moura Costa

Natália Mundim Tôrres

As relações entre as espécies são mecanismos centrais para manter a estrutura e regulação dos ecossistemas. Essa organização pode ser marcada, por exemplo, pelas interações entre predadores e presas, ou ainda, entre competidores na utilização de um mesmo recurso, seja água, luz solar, dentre outros^{1,2}. Dessa maneira, as interações consumidor-recurso representam uma das mais fundamentais na natureza, e podem levar a processos de extinção local, de forma que um dos competidores sempre apresenta vantagem sobre o outro³. A diferenciação na forma de utilizar esses recursos pode gerar a coexistência dos organismos e, em longo prazo, permitir que as comunidades fiquem estabilizadas⁴.

As estratégias adaptativas das espécies estão diretamente relacionadas com diversos fatores ecológicos presentes no habitat, como as variáveis ambientais, tais como clima, precipitação e pH do solo e, sob uma perspectiva biótica, incluem competição, risco de predação ou atividade de presas. Nesse sentido, o conjunto de recursos e condições ambientais que uma espécie necessita e tolera para sobreviver é chamado de nicho ecológico. As três principais formas dos animais compartilharem esses recursos é por meio da segregação temporal, espacial e trófica⁵. Particularmente, a partição de nicho - por meio da divisão de recursos - é um processo fundamental para a manutenção de ecossistemas saudáveis, uma vez que permite a coexistência entre competidores simpátricos, que são aquelas que vivem em um mesmo local, compartilhando os recursos existentes⁶. Assim, espécies podem se especializar em distintos itens alimentares, utilizar diferentes áreas ou ainda horários variados para forragear, o que caracteriza a partição de recursos, trófico, espacial e temporal, respectivamente.

Sobreposição de nicho temporal entre espécies simpátricas

A coexistência por meio da especialização na maneira como as espécies utilizam os recursos geralmente está associada às preferências alimentares ou à divisão do espaço, de forma que a partição temporal não é tão comum quando comparada com os aspectos anteriormente citados^{7,8}. Entretanto, diversos estudos demonstram a ocorrência de partição temporal em diferentes espécies^{9,10}, sugerindo que a coexistência também poderia ser facilitada entre predadores e presas, além de competidores. Dessa forma, para as espécies simpátricas, evita-se a competição por interferência, pois não existe

mais confronto direto; e por recursos, pois a sobreposição na utilização de recursos é reduzida. Ainda, as condições para que a partição temporal seja viável para minimizar competição por recursos, incluem (i) a renovação dos recursos limitantes dentro do período de separação e (ii) a diferenciação de períodos de atividade na utilização dos recursos¹¹.

Considerando os distúrbios antropogênicos nos ecossistemas, também é de extrema importância compreender os padrões que desencadeiam a partição de nicho temporal entre competidores, bem como diferentes ameaças - tais como alterações de temperatura devido às mudanças climáticas¹², destruição de habitats¹³ ou introdução de espécies exóticas/domésticas em áreas naturais¹⁴, entre outros - as quais influenciam no comportamento das espécies⁵. Ao longo dos últimos anos, pesquisadores têm demonstrado como essas ameaças são capazes de influenciar no horário de atividade dos animais^{15,16} e, especialmente para mamíferos de médio e grande porte, como essas segregações temporais podem causar grande interferência nas interações interespecíficas desses organismos no ambiente¹⁷. Apesar dos efeitos mais óbvios relacionados com a extinção de espécies e a perda de habitat, esses impactos sutis e mais indiretos também devem ser considerados em um plano efetivo de conservação¹⁸.

Portanto, as alterações no comportamento, como no horário de atividade, flexibilizam as condições limitantes para a ocorrência das espécies, permitindo que consigam se estabelecer em comunidades que sofrem processos antrópicos¹⁹. Por exemplo, a pressão de caça pode modificar o comportamento de diversos animais²⁰ e ainda, estudos demonstraram que, em ambientes sob grande influência de atividade humana, mamíferos estão se tornando mais noturnos como uma alternativa para evitar contato direto com os humanos²¹. Porém, o padrão de atividade também pode ser influenciado pelo tipo ou tamanho do habitat²²: Evidências²³ indicam que tatus-galinha da Amazônia brasileira modificaram seus horários de atividade de acordo com o tamanho do fragmento em que ocorrem, de maneira que apresentaram atividade estritamente noturna em áreas maiores que mil hectares, mas se mantiveram ativos tanto durante o dia quanto à noite em áreas menores. Enquanto na Amazônia Peruana, os padrões de atividade de alguns morcegos mudaram de acordo com o tipo de cobertura vegetal do ambiente, de maneira que em ambientes fragmentados houve redução no horário de forrageio das espécies avaliadas²⁴.

Os mamíferos de médio e grande porte desempenham funções importantes para manter a estrutura e dinâmica da comunidade, além de prestar diversos serviços ecológicos^{25,26}. Apesar disso, são especialmente vulneráveis às pressões antrópicas, sendo que a destruição de habitat e a caça são os principais fatores de ameaça para esse grupo²⁷. Além desses impactos, o aumento populacional de espécies invasoras também é responsável por ocasionar mudanças no comportamento, uso de habitat e no padrão de atividade das espécies nativas, bem como diminuir a abundância dessas em áreas com maiores níveis de impacto²⁸. Espécies exóticas como os cães (*Canis familiaris*) podem gerar impactos sobre as presas de médio e grande porte, especialmente mamíferos, ainda maiores do que os predadores nativos²⁹ ou outros carnívoros exóticos, como os gatos domésticos³⁰.

Paralelamente, as espécies apresentam, naturalmente, diferentes ciclos temporais diários, que estão diretamente relacionados com a ritmicidade biológica e evoluem com as mudanças ambientais periódicas^{11,31}. Isso proporciona uma organização temporal

interna, gerando partilha do tempo nas comunidades - mecanismo responsável por reduzir a competição pelos mesmos recursos - o que permite a coexistência entre os organismos. Dessa maneira, a hipótese de complementaridade de nicho elucidada que a alta sobreposição na utilização de recursos na mesma dimensão pode ser compensada pela baixa sobreposição em outra⁷.

Os estudos acerca dos padrões de atividade de mamíferos na região neotropical têm aumentado ao longo dos últimos anos, especialmente no Brasil, Peru e Bolívia^{32,33}, visto que geram métricas ecológicas e comportamentais que podem ser utilizadas como indicadores de esforços de forrageamento³⁴, gasto energético³⁵ ou ainda, risco de predação³⁶. Entretanto, existem poucas pesquisas que discutem os padrões temporais entre as espécies ao nível de comunidade ou habitat³⁷. Nesse sentido, avanços tecnológicos e estatísticos como, por exemplo, com o emprego de armadilhas fotográficas, podem ser aliados para potencializar a compreensão dessa problemática¹⁸.

Embora a utilização de armadilhas fotográficas esteja amplamente focada em analisar aspectos espaciais da ecologia populacional³⁸, como estimativas de densidade, distribuição geográfica e inventários³⁹, também podem ser examinados aspectos comportamentais e interações das espécies com o ambiente. Esses resultados são fundamentais para detalhar a estrutura da comunidade, uma vez que apontam o exato momento de ocorrência dos indivíduos ao longo de pontos no espaço. Recentemente, pesquisadores têm utilizado uma escala temporal mais refinada provida pelas imagens com data e hora das armadilhas³⁶ para direcionar questões ainda não resolvidas sobre a dinâmica das comunidades em face das ameaças globais, visto que dados temporais originados pelas armadilhas fotográficas oferecem novas perspectivas de aplicações práticas acerca de dados ecológicos primários.

Neste capítulo, serão apresentados resultados de um estudo desenvolvido com armadilhas fotográficas, instaladas em áreas naturais no interior e entorno da Reserva Ecológica do Panga (R.E.). Buscamos manter uma distância mínima de 1 Km entre elas, e as acoplamos a troncos de árvores, a cerca de 15 cm do solo. Os locais escolhidos para a instalação basearam-se na presença de vestígios como fezes, e também possíveis trilheiros utilizados por mamíferos. As câmeras ficaram em campo de agosto de 2020 a janeiro de 2021, ligadas 24 horas por dia, e foram programadas para registrar uma foto e um vídeo (de um minuto de duração) sempre que um animal fosse detectado. Após cada registro, um intervalo de travamento de cinco minutos foi programado. Esse intervalo é importante pois evita que um mesmo indivíduo ou grupo seja registrado repetidas vezes. Para aumentar as chances de captura dos indivíduos, foram utilizados banana e bacon como iscas, as quais eram repostas, em média, a cada 15 dias, durante a revisão dos equipamentos.

Analisamos os padrões de atividade entre espécies simpátricas nativas e exóticas próximas filogeneticamente entre si, como o cachorro-do-mato e cão-doméstico e o cateto (*Dicotyles tajacu*) e javaporco (híbrido de *Sus scrofa*), além do mais, também comparamos os padrões de atividade do cateto e cão-doméstico, uma vez que nesse estudo observamos duas interações onde os cães perseguiram os catetos. Para entendermos se essas espécies realizam suas atividades de forma similar, ou seja, se têm preferência pelos mesmos horários ao longo do dia, fizemos uma curva de densidade de Kernel para cada espécie, que depois foram sobrepostas. Para cada sobreposição, foi gerado um coeficiente (Δ_1) que varia de 0 a 1, de forma que, quanto mais próximo de

1, mais parecido é o padrão temporal entre as espécies e, quanto mais próximo de 0, mais distinto ele é⁴⁰.

Para as análises, utilizamos apenas os registros independentes (N) para cada espécie, sendo: cateto (N=71), javali (N=12), cão-doméstico (N=8) e cachorro-do-mato (N=47). Consideramos como independentes os registros de cada espécie, em cada câmera, que foram feitos após um intervalo mínimo de 30 minutos entre si, desconsiderando os demais para evitarmos reamostragens. Encontramos uma maior sobreposição de atividades entre o cão-doméstico e cateto ($\Delta_1=0,69$) em relação ao cateto e javali ($\Delta_1=0,54$) e cão-doméstico e cachorro-do-mato ($\Delta_1=0,42$).

Sobreposição de atividade de cão-doméstico e cachorro do mato

Nosso estudo demonstrou que cães domésticos e cachorros-do-mato não exibiram sobreposição acentuada em seus horários de atividade ($\Delta_1=0,42$), sendo que o pico para o cachorro do mato foi por volta das 18h00, enquanto do cachorro doméstico ocorreu por volta das 08h00 (Figura 1). Nesse sentido, embora tenha sido registrado em alguns momentos durante o início da manhã, o cachorro-do-mato esteve ativo principalmente durante o crepúsculo e à noite, com atividade decrescente nas faixas de horários mais quentes do dia. Essa variação e flexibilidade temporal no comportamento são observadas em outros estudos realizados ao longo dos diferentes biomas brasileiros^{41,42}. Isso pode demonstrar que o cachorro-do-mato tende a evitar horários de maior atividade dos cães-domésticos, de forma que ao segregar os horários, há redução tanto de competição por alimento quanto de risco de ataques ou predação^{28,43}. Entretanto, essa relação pode ser devido à característica da espécie silvestre ser crepuscular-noturna. Como o cão-doméstico é flexível quanto ao seu período de atividade, a presença desses animais em áreas naturais pode ser ainda mais impactante⁴⁴. Contudo, para comprovar essa hipótese, é necessária a realização de novos estudos capazes de comparar a ecologia desses predadores nativos em áreas com e sem a presença de cães. Além disso, dentre as principais ameaças ao cachorro do mato, doenças transmitidas pelos cães domésticos são potenciais agravantes para a sua persistência em áreas naturais⁴⁵.

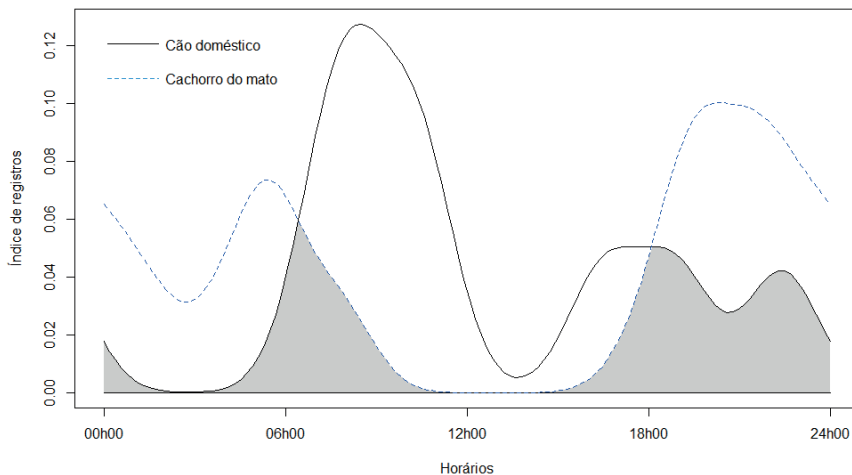


Figura 1. Sobreposição de padrões de atividade do cão doméstico e cachorro-do-mato, na Reserva Ecológica do Panga e fragmentos naturais de seu entorno, Uberlândia-MG.

Sobreposição de atividade de javalis e catetos

A sobreposição temporal que encontramos entre os javalis e catetos foi de $\Delta_1=0,54$. O javali apresentou dois picos bem acentuados de sua atividade, sendo o primeiro por volta das 03h00 e o segundo em torno das 18h00, demonstrando uma certa preferência por horários crepusculares (Figura 2). Por volta das 08h30 às 14h00 praticamente não teve nenhuma atividade desenvolvida, sendo que podemos supor que houve uma evitação dos horários mais quentes do dia. Já o cateto teve seu maior pico de atividade ocorrendo por volta das 08h30, e o segundo, bem menos intenso, ocorrendo em torno das 20h30. Ao contrário do javali, o cateto não apresentou nenhum horário onde não estivesse ativo, inclusive durante os períodos mais quentes do dia.

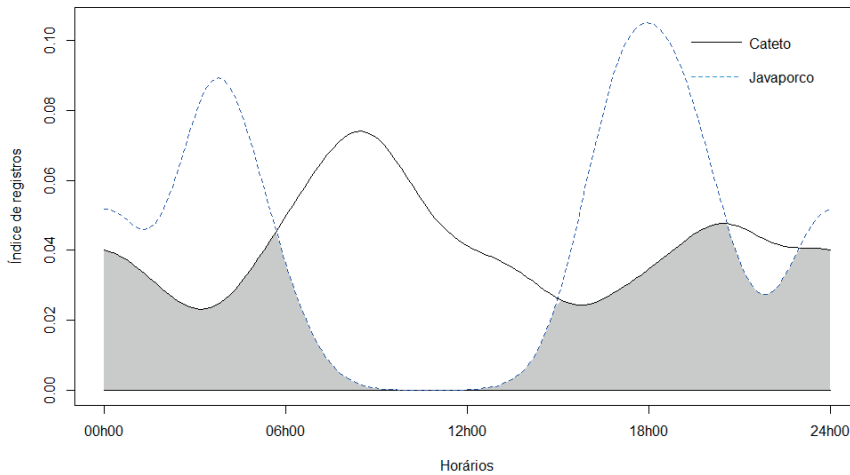


Figura 2. Sobreposição de padrões de atividade entre cateto e javaporco na Reserva Ecológica do Panga e fragmentos naturais de seu entorno, Uberlândia-MG.

Podemos analisar no gráfico que, durante os dois picos de atividade do javali, as atividades do cateto encontram-se mais baixas, e, da mesma forma, as atividades mais intensas dos catetos ocorreram justamente em momentos em que os javalis não estavam ativos (09h00) ou quando suas atividades já estavam diminuindo (18h00).

Um estudo feito em uma área do Pantanal, onde não foi registrado javali, demonstrou que os catetos podem atingir dois intensos picos de atividades, sendo um por volta das 08h00 e o outro às 19h00, além do mais, das 12h00 às 15h00 esses animais tiveram uma drástica redução em suas atividades⁴⁶, o que não foi observado no presente trabalho, onde a redução ocorrida foi bem menos intensa. Observamos também que o horário do primeiro pico de atividade dos catetos do Panga é bem próximo do encontrado no Pantanal, assim como seu segundo pico de atividade. Assim, observamos que os catetos do Panga, por mais que apresentem também esse aumento em suas atividades, ele ocorre de maneira bem menos intensa.

Dessa forma, enquanto espécies simpátricas, podemos observar que o cateto e o javali no presente estudo, têm uma segregação temporal, ou seja, apresentam padrões diferentes de atividade ao longo do dia. Enquanto o javali possui altos picos de atividade, o cateto utiliza, em menor intensidade, praticamente todos os horários do

dia. Essa diferença de uso do tempo pode permitir que ambas as espécies coexistam nas áreas do presente estudo.

Sobreposição de atividade de catetos e cão-doméstico

A primeira interação, ocorrida em novembro, foi registrada às 08h04, enquanto a segunda, ocorrida em dezembro, às 08h33 (Figura 4). Quando analisamos o padrão de atividade dessas espécies, podemos observar que ambas as interações coincidem com os horários em que as espécies estão chegando no ápice da sua atividade durante o dia (Figura 3). Ao analisarmos o pico de atividade do cateto (09h00), também podemos observar que coincide com o horário em que o cão é mais ativo. Ao compararmos a sobreposição temporal entre elas, temos $\Delta_1=0,69$, o que demonstra, mais uma vez, que essa alta sobreposição contribuiu para que ocorram encontros diretos entre catetos e cães. Ambas as espécies aumentam suas atividades por volta das 15h00, apesar do cateto aumentar mais gradativamente até as 18h00, momento em que o cão doméstico está ficando menos ativo.

Ao todo nove indivíduos de cães-domésticos foram identificados nas armadilhas fotográficas, os quais poderiam ser ferais ou pertencerem aos habitantes das fazendas próximas, mas que se deslocavam para dentro das áreas nativas, onde foram registrados. Obtivemos dois registros, em diferentes momentos, de perseguição de dois desses cães aos catetos (Figura 4). Os registros dessas interações ocorreram no mesmo ponto amostral, dentro da Reserva do Panga, sendo o primeiro em novembro e o segundo em dezembro de 2020.

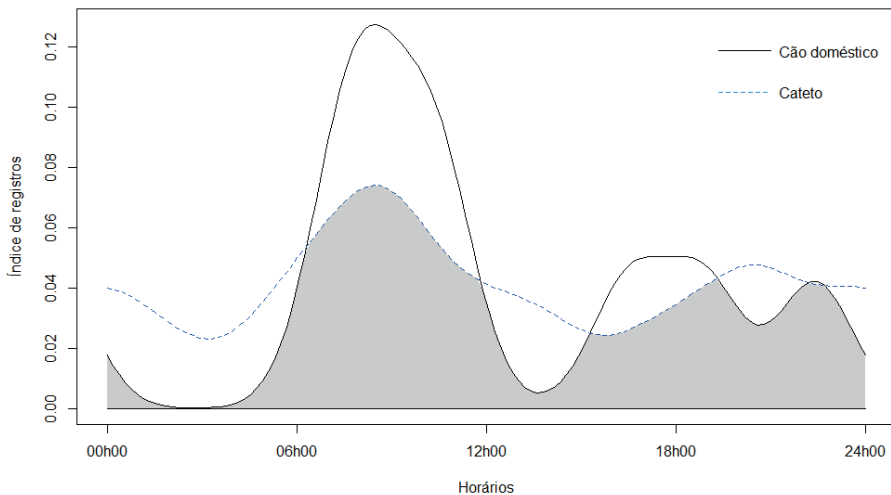


Figura 3. Sobreposição de padrões de atividade entre cão-doméstico e cateto na Reserva Ecológica do Panga e fragmentos naturais de seu entorno, Uberlândia-MG.

Assim, sabendo da alta sobreposição de atividades entre as espécies, juntamente com o horário registrado da perseguição, podemos constatar que a presença do cão-doméstico dentro e ao redor da Reserva do Panga pode ser muito negativa para o cateto, uma vez que ambas possuem uma dinâmica temporal bem semelhante.



Figura 4. Registros obtidos por meio de armadilhas fotográficas na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, de catetos sendo perseguidos por cães-domésticos. O registro A foi obtido em novembro de 2020 e o B em dezembro de 2020.

Presença de espécies exóticas em áreas de proteção ambiental

A introdução de espécies exóticas acarreta graves consequências para as espécies nativas⁴⁷ e é uma das maiores ameaças à biodiversidade, além de poder causar grandes conflitos com os seres humanos, gerando sérios impactos econômicos^{48,49,50}. Ao se estabelecerem, essas espécies podem dominar e interferir no funcionamento dos ecossistemas naturais⁵¹, alterando interações ecológicas, estrutura do habitat e da comunidade e ocasionando a redução do tamanho populacional das espécies nativas^{52,53}.

O javali compõe uma das 100 espécies invasoras mais nocivas para a biodiversidade mundial⁵⁴, sendo o mamífero terrestre com a maior distribuição geográfica em todo o mundo⁵⁵. Essa ampla expansão deve-se à pré-adaptação a diferentes tipos de condições ambientais, que permite que se estabeleçam com facilidade⁵⁶.

O cão-doméstico também pode causar conflitos em áreas de proteção, pois sua presença pode reduzir a efetividade das mesmas⁵⁷. Isso ocorre porque os cães atuam como predadores e muitas vezes caçam em matilhas⁵⁸, porém a caça não é necessariamente para se alimentarem, mas sim por um comportamento relacionado à diversão, que resulta em ferimentos e consequentemente na morte dos animais⁵⁹. Outra problemática relacionada à sua presença é o risco da transmissão de patógenos para as espécies nativas, pois atuam como vetores de doenças como, por exemplo, leishmaniose, raiva, dirofilariose e parvovirose^{60,61}.

Ambas as espécies foram registradas na Reserva Ecológica do Panga e nas áreas naturais do seu entorno, entre agosto de 2020 e janeiro de 2021 (Figura 5). Quando comparado com o levantamento anterior de mamíferos dentro dessa mesma área⁶², o cão-doméstico já havia sido registrado, porém o javali não.

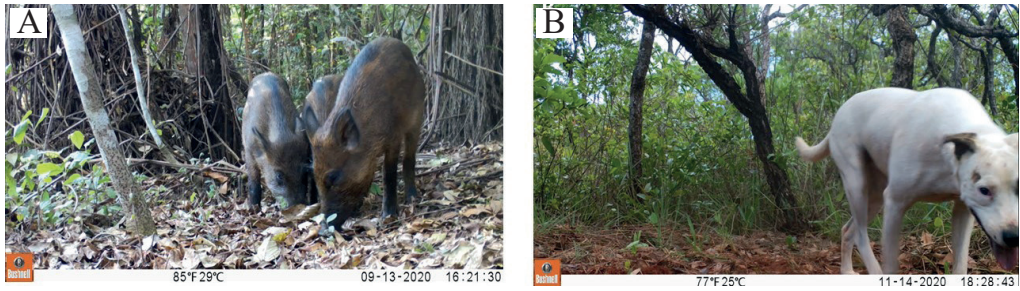


Figura 5. Registros obtidos por meio de armadilhas fotográficas na região da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, MG. (A) javaporco registrado no entorno da Reserva (B) cão-doméstico registrado dentro do Panga.

Comunidade de médios e grandes mamíferos do Panga

Ao todo registramos 23 espécies de mamíferos ao longo das 12 áreas nativas que selecionamos no Panga e seu entorno, sendo a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) registrada apenas por vestígio (pegada) e o restante pelas armadilhas fotográficas. Dessas, quatro espécies estão ameaçadas e/ou quase ameaçadas de extinção em nível nacional e internacional (Tabela 1, Figura 6). Essas espécies pertencem a nove Ordens e 17 famílias, sendo a Ordem Carnívora a mais representativa, com nove espécies (Figura 7).

Tabela 1. Lista de espécies de mamíferos registrados na Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG, através de armadilhas fotográficas entre agosto de 2020 e janeiro de 2021.

ORDEM/FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM	GUILDA TRÓFICA	STATUS DE AMEAÇA	
			ICMBio, 2022	IUCN, 2022
ORDEM DIDELPHIMORPHIA				
Família Didelphidae				
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	Gambá-de-orelha-branca	FR/ON		
ORDEM CINGULATA				
Família Chlamyphoridae				
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-peba	IN/ON		
<i>Cabassous unicinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-do-rabo-mole-pequeno	MI		
Família Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Tatu-galinha	IN/ON		
ORDEM PILOSA				
Família Myrmecophagidae				
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-bandeira	MI	VU	VU
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	MI		
ORDEM PRIMATES				
Família Atelidae				
<i>Alouatta caraya</i> (Humboldt, 1812)	Bugio-preto	FO/FR		QA

ORDEM/FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM	GUILDA TRÓFICA	STATUS DE AMEAÇA	
			ICMBio, 2022	IUCN, 2022
Familia Cebidae				
<i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy St.-Hilaire, 1812)	Sagui-de-tufos-pretos	FR/IN/GO		
ORDEM LAGOMORPHA				
Familia Leporidae				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	Tapiti	HB		
ORDEM RODENTIA				
Familia Hydrochaeridae				
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Capivara	HB		
Familia Cuniculidae				
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Paca	FR/HB		
Familia Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta azarae</i> (Lichtenstein, 1823)	Cutia	FR/GR		DD
ORDEM CARNIVORA				
Familia Canidae				
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato	IN/ON		
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	Lobo-guará	CA/ON	VU	QA
Familia Mephitidae				
<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	Jaratataca	IN/ON		
Familia Mustelidae				
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Irara	FR/ON		
Familia Procyonidae				
<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Quati	FR/ON		
<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	Mão-pelada	FR/ON		
Familia Felidae				
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguaririca	CA		
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Onça-parda	CA		
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Jaguarundi	CA	VU	
ORDEM CETARTIODACTYLA				
Familia Cervidae				
<i>Subulo gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	Veado-catingueiro	FR/HB		
Familia Tayassuidae				
<i>Dicotyles tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Cateto	FR/HB		
Total de espécies =	23		04 espécies ameaçadas e/ou quase ameaçadas de extinção	

Legenda: Dieta: IN (insetívoro); ON (onívoro); MI (mirmecófago); FR (frugívoro); HB (herbívoro); FO (folívoro); GO (gomívoro); CA (carnívoro); GR (granívoro); SE (selívoro). Níveis de ameaça - VU (vulnerável); EP (em perigo); QA (quase ameaçada); DD (deficiente em dados). Listas de espécies ameaçadas - ICMBio, 2022 (Ministério do Meio Ambiente/Instituto Chico Mendes de Biodiversidade); IUCN, 2022 (*International Union for Conservation of Nature*).

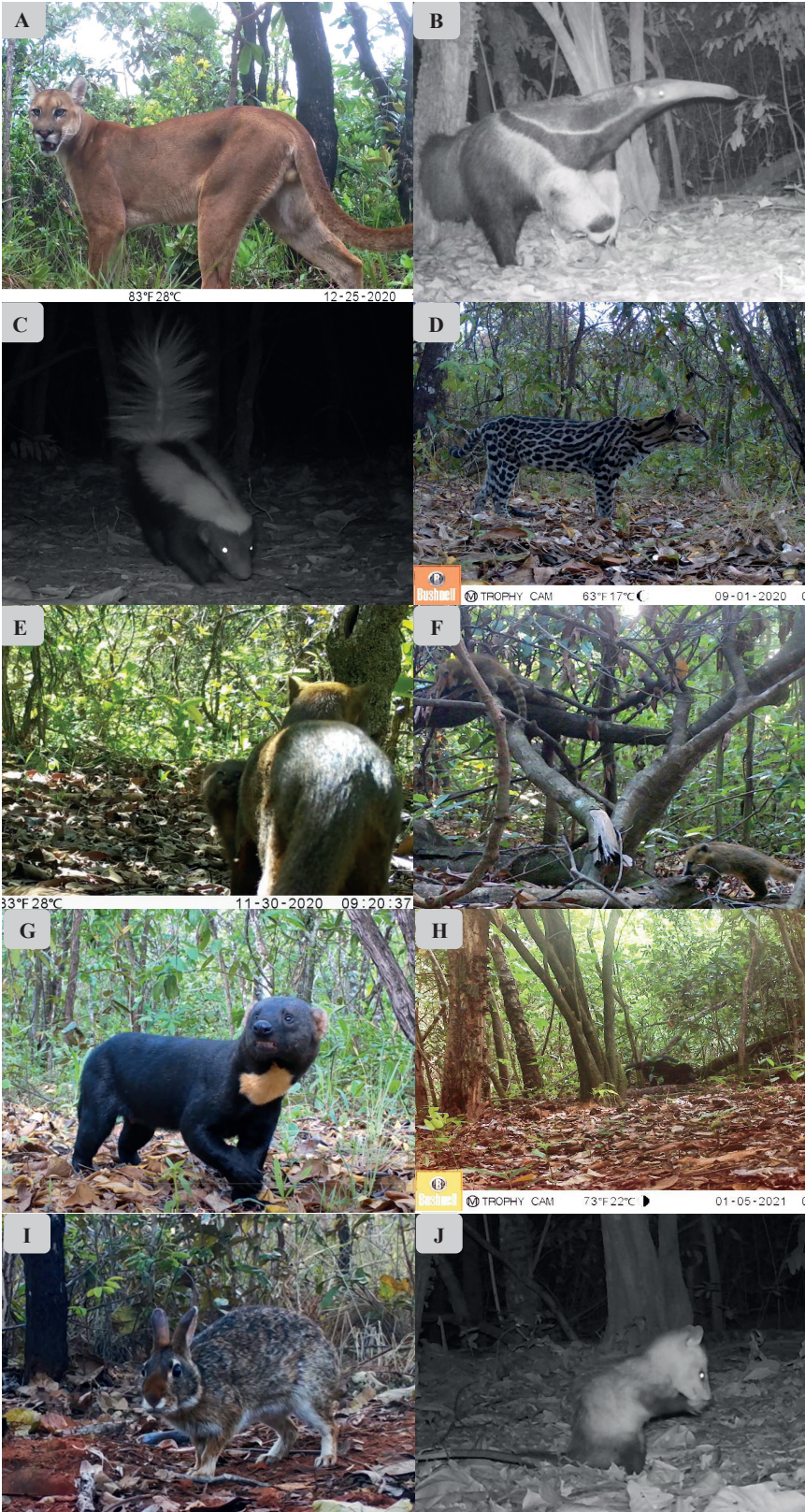




Figura 6. Registros obtidos por meio de armadilhas fotográficas na região da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia-MG. (A) *Puma concolor*; (B) *Myrmecophaga tridactyla*; (C) *Conepatus semistriatus*; (D) *Leopardus pardalis*; (E) *Herpailurus yagouaroundi*; (F) *Nasua nasua*; (G) *Eira barbara*; (H) *Alouatta caraya*; (I) *Sylvilagus brasiliensis*; (J) *Didelphis albiventris*; (K) *Callithrix penicillata*; (L) *Subulo gouazoubira*; (M) *Chrysocyon brachyurus*; (N) *Cerdocyon thous*; (O) *Dicotyles tajacu*; (P) *Euphractus sexcinctus*

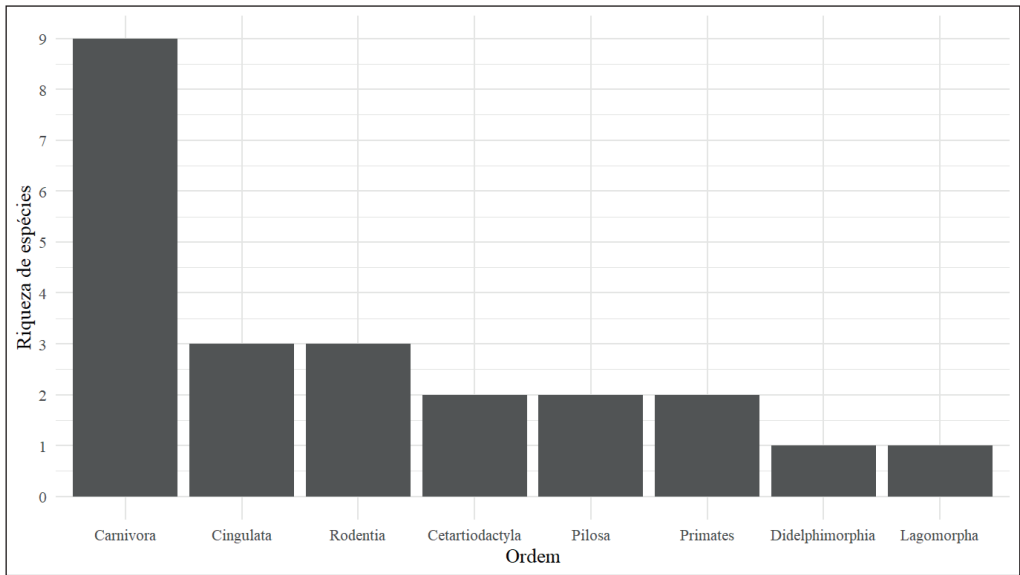


Figura 7. Ordens de médios e grandes mamíferos registrados por meio de armadilhas fotográficas na região da Reserva Ecológica do Panga e seu entorno, de agosto de 2020 a janeiro de 2021, Uberlândia-MG

Considerações finais

Nosso estudo sobre o padrão de atividade e riqueza de espécies é uma importante forma de monitoramento da comunidade de mamíferos, pois permite compreender um aspecto básico da sua ecologia. Ao sobrepor esses padrões entre as espécies, podemos compreender se pode estar havendo uma possível competição direta entre as mesmas ou então algum outro tipo de perturbação. Assim, pudemos observar uma interação negativa por meio da sobreposição de cães-domésticos e catetos, que usam o tempo de forma bem similar, somado a isso, comprovamos por meio dos registros das armadilhas fotográficas que essa interação pode ocorrer de forma direta. Esses resultados chamam a atenção para o impacto negativo que o cão doméstico causa na fauna local, assim como a necessidade de medidas que visem reduzir a sua presença em áreas protegidas.

Quando comparamos os padrões de atividade de cães-domésticos com os cachorros-do-mato, percebemos que a sobreposição não foi tão alta quando comparamos cães e catetos. Ao analisarmos a sobreposição temporal do cateto com o javali, observamos que não parece haver uma interação direta entre ambos, uma vez que usam o dia de forma bem diferente, sendo a sobreposição entre si relativamente baixa. Sabemos que uma das formas que permite a co-existência de espécies simpátricas que utilizem recursos de forma similar ou apresentem relações de predação é elas evitarem se encontrar, o que aparentemente está ocorrendo entre essas populações do Panga. Por serem espécies simpátricas, a segregação das atividades é uma alternativa que pode favorecer que o cachorro-do-mato e o cateto consigam se esquivar do cão-doméstico e javali, respectivamente.

Apesar disso, a presença do javali deve ser analisada com cautela, pois ainda assim pode acarretar prejuízos a outras espécies e ao ecossistema^{63,64}. Uma vez que seu registro não foi feito no levantamento anterior no local, é necessário que um monitoramento seja feito com relativa frequência, pois sua população pode estar em

crescimento, principalmente devido à alta antropização no entorno da Reserva. Dessa forma, estudos contínuos da mastofauna local devem ser realizados para que se tenha um melhor entendimento da dinâmica ecológica desses animais. Aliado a isso, a questão temporal pode ser de grande valia para se compreender como as espécies nativas estão lidando com a presença das exóticas, contribuindo para o planejamento de estratégias de manejo e conservação ambiental.

Para saber mais

- ¹ He, P., Maldonado-Chaparro, A. A., Farine, D. R. The role of habitat configuration in shaping social structure: a gap in studies of animal social complexity. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **73**, 1–14 (2019).
- ² Nadell, C. D., Drescher, K., Foster, K. R. Spatial structure, cooperation and competition in biofilms. *Nature Reviews Microbiology* **14**, 589–600 (2016).
- ³ Dangremond, E. M., Pardini, E. A., Knight, T. M. Apparent competition with an invasive plant hastens the extinction of an endangered lupine. *Ecology* **91**, 2261–2271 (2010).
- ⁴ Valeix, M., Chamaillé-Jammes, S., Fritz, H. Interference competition and temporal niche shifts: elephants and herbivore communities at waterholes. *Oecologia* **153**, 739–748 (2007).
- ⁵ Pianka, E.R. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **4**, 53–74 (1973)
- ⁶ Lear, K. O., Whitney, N. M., Morris, J. J., Gleiss, A. C. Temporal niche partitioning as a novel mechanism promoting co-existence of sympatric predators in marine systems. *Proc. Royal Soc. B.* **288**, 1–8 (2021).
- ⁷ Schoener, T. W. Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**, 27–39 (1974).
- ⁸ Vieira, E. M., Paise, G. Temporal niche overlap among insectivorous small mammals. *Integrative zoology* **6**, 375–386 (2011).
- ⁹ Albrecht, M. & Gotelli, N. J. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants. *Oecologia* **126**, 134–141 (2001).
- ¹⁰ Adams, R. A. & Thibault, K. M. Temporal resource partitioning by bats at water holes. *J. Zool.* **270**, 466–472 (2006).
- ¹¹ Kronfeld-Schor, N. & Dayan, T. Partitioning of time as an ecological resource. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **34**, 153–181 (2003).
- ¹² Hazen, E. L. *et al.* Predicted habitat shifts of Pacific top predators in a changing climate. *Nat. Clim. Change* **3**, 234–238 (2013).
- ¹³ Thuiller, W., Broennimann, O., Hughes, G., Alkemade, J. R. M., Midgley, G. F., Corsi, F. Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Glob. Chang. Biol.* **12**, 424–440 (2006).

- ¹⁴ García-Gómez, J. C., Sempere-Valverde, J., González, A. R., Martínez-Chacón, M., Olaya-Ponzone, L., Sánchez-Moyano, E., Megina, C. From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the strait of Gibraltar. *Sci. Total Environ.* **704**, 135408 (2020).
- ¹⁵ Cozzi, G., Broekhuis, F., McNutt, J. W., Turnbull, L. A., Macdonald, D. W., Schmid, B. Fear of the dark or dinner by moonlight? Reduced temporal partitioning among Africa's large carnivores. *Ecology* **93**, 2590–2599 (2012).
- ¹⁶ Schuette, P., Wagner, A. P., Wagner, M. E., Creel, S. Occupancy patterns and niche partitioning within a diverse carnivore community exposed to anthropogenic pressures. *Biol. Conserv.* **158**, 301–312 (2013).
- ¹⁷ Ripple, W. J., Wirsing, A. J., Wilmers, C. C., Letnic, M. Widespread mesopredator effects after wolf extirpation. *Biological Conservation* **160**, 70–79 (2013).
- ¹⁸ Frey, S., Fisher, J. T., Burton, A. C. & Volpe, J. P. Investigating animal activity patterns and temporal niche partitioning using camera-trap data: Challenges and opportunities. *Remote Sens. Ecol. Conserv.* **3**, 123–132 (2017).
- ¹⁹ Halle, S. & Stenseth, N. C. *Activity Patterns in Small Mammals: An Ecological Approach*. (Springer Science & Business Media, 2000).
- ²⁰ Di Bitetti, M. S., Paviolo, A., Ferrari, C. A., De Angelo, C., Di Blanco, Y. Differential responses to hunting in two sympatric species of brocket deer (*Mazama americana* and *M. nana*). *Biotropica* **40**, 636–645 (2008).
- ²¹ Gaynor, K. M., Hojnowski, C. E., Carter, N. H., Brashares, J. S. The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science* **360**, 1232–1235 (2018).
- ²² Chen, L. *et al.* Large-scale ruminant genome sequencing provides insights into their evolution and distinct traits. *Science* **364**, 1–12 (2019).
- ²³ Norris, D., Michalski, F., Peres, C. A. Habitat patch size modulates terrestrial mammal activity patterns in Amazonian forest fragments. *J. Mammal.* **91**, 551–560 (2010).
- ²⁴ Presley, S. J., Willig, M. R., Castro-Arellano, I., Weaver, S. C. Effects of habitat conversion on temporal activity patterns of phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. *J. Mammal.* **90**, 210–221 (2009).
- ²⁵ Bueno, C. G., Nagy, L., Palacio, S., Grau, O., Munilla, I., Zamora, R. Alpine ecology in the Iberian Peninsula: what do we know, and what do we need to learn? *Mt. Res. Dev.* **33**, 437–442 (2013).
- ²⁶ Galetti, M., & Dirzo, R. Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. *Biol. Conserv.* **163**, 1–6 (2013).
- ²⁷ Chiarello, A. G. Domestic dogs in Atlantic forest preserves of south-eastern Brazil: a camera-trapping study on patterns of entrance and site occupancy rates. *Braz. J. Biol.* **68**, 771–779 (2008).
- ²⁸ Zapata-Ríos, G. & Branch, L. C. Altered activity patterns and reduced abundance of native mammals in sites with feral dogs in the high Andes. *Biol. Conserv.* **193**, 9–16 (2016).

- ²⁹ Wierzbowska, I. A., Hędrzak, M., Popczyk, B., Okarma, H., Crooks, K. R. Predation of wildlife by free-ranging domestic dogs in Polish hunting grounds and potential competition with the grey wolf. *Biol. Conserv.* **201**, 1–9 (2016).
- ³⁰ Galetti, M., Sazima, I. Impact of feral dogs in an urban Atlantic forest fragment in southeastern Brazil. *Nat. Conserv.* **4**, 146–151 (2006).
- ³¹ Nunes-Silva, P. A organização e a ritmicidade no forrageamento e na enxameação de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo 2007).
- ³² Oliveira-Santos, L. G. R., Tortato, M. A. & Graipel, M. E. Activity pattern of Atlantic Forest small arboreal mammals as revealed by camera traps. *J. Trop. Ecol.* **24**, 563–567 (2008).
- ³³ Foster, V. C., Sarmiento, P., Sollmann, R., Tôrres, N., Jácomo, A. T., Negrões, N., Silveira, L. Jaguar and puma activity patterns and predator-prey interactions in four Brazilian biomes. *Biotropica* **45**, 373–379 (2013).
- ³⁴ Di Bitetti, M. S., De Angelo, C. D., Di Blanco, Y. E., Paviolo, A. Niche partitioning and species coexistence in a Neotropical felid assemblage. *Acta Oecol.* **36**, 403–412 (2010).
- ³⁵ Weckel, M., Giuliano, W., & Silver, S. Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *J. Zool.* **270**, 25–30 (2006).
- ³⁶ Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C., Jansen, P. A. Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods Ecol. Evol.* **5**, 1170–1179 (2014).
- ³⁷ Presley, S. J., Willig, M. R., Castro-Arellano, I., Weaver, S. C. Effects of habitat conversion on temporal activity patterns of phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. *J. Mammal.* **90**, 210–221 (2009).
- ³⁸ Tobler, M. W., Carrillo-Perceguei, S. E., Leite Pitman, R., Mares, R., Powell, G. Further notes on the analysis of mammal inventory data collected with camera traps. *Anim. Conserv.* **11**, 187–189 (2008).
- ³⁹ Steenweg, R., Hebblewhite, M., Kays, R., Ahumada, J., Fisher, J. T., Burton, C., Rich, L. N. Scaling-up camera traps: Monitoring the planet’s biodiversity with networks of remote sensors. *Front. Ecol. Environ.* **15**, 26–34 (2017).
- ⁴⁰ Schmid F., Schmid A. Nonparametric estimation of the coefficient of overlapping theory and empirical application. *Comput. Stat. Data Anal.* **50**, 1583–1596 (2006).
- ⁴¹ Vieira, E. M., Port, D. Niche overlap and resource partitioning between two sympatric fox species in southern Brazil. *J. Zool.* **272**, 57–63 (2007).
- ⁴² Faria-Corrêa, M., Balbuena, R. A., Vieira, E. M. & de Freitas, T. R. Activity, habitat use, density, and reproductive biology of the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and comparison with the pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) in a Restinga area in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammal. Biol.* **74**, 220–229 (2009).

- ⁴³ Guedes, J. J. M., Assis, C. L., Feio, R. N., Quintela, F. M., The impacts of domestic dogs (*Canis familiaris*) on wildlife in two Brazilian hotspots and implications for conservation. *Anim. Biodivers. Conserv.* **44**, 45–58 (2021).
- ⁴⁴ Paschoal, A. M. O., Massara, R. L., Santos, J. L., Chiarello, A. G. Is the domestic dog becoming an abundant species in the Atlantic forest? A study case in southeastern Brazil. *Mammalia* **76**, 67–76 (2012).
- ⁴⁵ Soares, J. F., Dall’Agnol, B., Costa, F. B., Krawczak, F. S., Comerlato, A. T., Rossato, B. C. Labruna, M. B. Natural infection of the wild canid, *Cerdocyon thous*, with the piroplasmid *Rangelia vitalii* in Brazil. *Vet. Parasitol.* **202**, 156–163 (2014).
- ⁴⁶ Assis, W. O. *et al.* Medium and large-sized mammals at the Urucum Massif in the Brazilian Pantanal: Camera trap as an effective sampling method to estimate species richness, relative abundance, and activity patterns. *Oecol. Aust.* **26**, 19–33 (2022).
- ⁴⁷ Vitule, J.R.S., Freire, C. A., Vazquez, D. P., Nuñez, M. A. & Simberloff, D. Revisiting the Potential Conservation Value of Non-Native Species. *Conserv. Biol.* **26**, 1153–1155 (2012).
- ⁴⁸ Scholes, R. J. & Biggs, R. A biodiversity intactness index. *Nature* **434**, 45–49 (2005).
- ⁴⁹ Pimentel, D. *et al.* Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agric. Ecosyst. Environ.* **84**, 1–20 (2001).
- ⁵⁰ Pimentel, D., Zuniga R., Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol Econ* **52**, 273–288 (2005).
- ⁵¹ Blackburn, T.M. *et al.* A proposed unified framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol.* **26**, 333–339 (2011).
- ⁵² Pejchar, L. & Mooney, H. A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends Ecol. Evol.* **24**, 497–504 (2009).
- ⁵³ Simberloff, D. Non-native Species DO Threaten the Natural Environment! *JJ. Agric. Environ. Ethics* **18**, 598–507 (2005).
- ⁵⁴ Lowe, S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. *100 of the World’s Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database* (ISSG Invasive Species Specialist Group, 2000).
- ⁵⁵ Barrios-Garcia, M. N. & Ballari S. A. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biol. Invasions* **14**, 2283–2300 (2012).
- ⁵⁶ Baskin, L. M. & Danell, K.. *Ecology of ungulates: a handbook of species in eastern Europe and northern and central Asia.* (Springer Verlag, 2003).
- ⁵⁷ Ministério do Meio Ambiente (MMA). <http://www.mma.gov.br/legislacao/biodiversidade/category/19-especies-exoticas-invasoras> (2013).
- ⁵⁸ Rubin, H. D. & Beck, A. M. Ecological behavior of free-ranging urban pet dogs. *Appl. Anim. Ethol.* **8**, 161–168 (1982).

- ⁵⁹ Gompper, M. E. *Free-Ranging Dogs and Wildlife Conservation* (Oxford University Press, 2013).
- ⁶⁰ Curi, N. H. A., Miranda, I & Talamoni S. A. Serologic evidence of *Leishmania* infection in free-ranging wild and domestic canids around a Brazilian National Park. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **10**, 99–101 (2006).
- ⁶¹ Curi, N. H. A. *et al.* Wild canids, domestic dogs and their pathogens in Southeast Brazil: disease threats for canid conservation. *Biodivers. Conserv.* **19**, 3513–3524 (2010).
- ⁶² Bruna, E. M. *et al.* Mammalia, Estação Ecológica do Panga, a Cerrado protected area in Minas Gerais state, Brazil. *Check List* **6**, 668–675 (2010).
- ⁶² Risch D. R., Ringma J., Price M. R. The global impact of pigs (*Sus scrofa*) on terrestrial biodiversity. *Sci. Rep.* **11**, 1–10 (2021).
- ⁶³ Hegel, C. G. Z & Marini, M. A. Impact of the wild boar, *Sus scrofa* on a fragment of Brazilian Atlantic Forest. *Neotropical Biol. Conserv.* **8**, 17–24 (2013).

CAPÍTULO 8

ECOLOGIA ALIMENTAR – ASPECTOS GERAIS E UM ESTUDO COM PEQUENOS MAMÍFEROS NÃO-VOADORES EM ÁREAS DE CERRADO

*Vanessa do Nascimento Ramos
Kátia Gomes Facure Giaretta*

Dieta: base para diferentes estudos em ecologia

A palavra dieta remete imediatamente à alimentação, e equivocadamente, humanos muitas vezes a relacionam à restrição de consumo de determinados alimentos. Em biologia, de modo simplificado, dieta é definida pelo conjunto de itens alimentares utilizados por uma determinada espécie. Entretanto, o estudo da dieta pode ser bem mais abrangente; significa descrever quais são e o quanto se consome de cada item alimentar (ponto inicial) ou ainda, identificar padrões de consumo e variações em função de ambiente, de época do ano, de características populacionais (etárias, sexuais, comportamentais, fisiológicas), entre outros. É possível, por exemplo, comparar grupos ou populações de uma mesma espécie que vive sob condições distintas e, em estudos de comunidades, avaliar relações importantes como a competição, através de trabalhos sobre partição de recursos, amplitude e sobreposição de nicho alimentar ou trófico. Ainda, podemos mencionar o grande número de estudos sobre redes de interação nas últimas décadas, que tem focado majoritariamente em relações tróficas, apesar de outras interações serem possíveis de abordagem. Na ecologia de interações, muitas relações estão também associadas à dieta, apesar de muitas vezes não ser tão intuitivo que herbivoria, predação, polinização, dispersão, e até parasitismo envolvem primariamente relações de alimentação. Neste capítulo, tentamos pontuar algumas questões gerais relativas ao estudo da dieta e ecologia alimentar (ver adiante uma discussão sobre esses termos) e apresentamos os dados de um trabalho nesse campo de pesquisa, conduzido com pequenos mamíferos não-voadores (roedores e marsupiais) em áreas de Cerrado, incluindo a unidade de conservação foco desse livro. Por esse motivo, sempre que possível, utilizamos como base de referência os trabalhos que utilizam esses animais como modelo, mas não nos furtamos de mencionar aqueles com outros grupos no caso de serem relevantes ao entendimento.

Ecologia alimentar, ecologia trófica, dieta e hábitos alimentares: há diferenças?

Segundo Gerking¹, os estudos sobre **Ecologia alimentar** estariam sedimentados na relação entre as perguntas “O quê?”, “Como?” e “Onde?” um organismo come. A primeira questão traz como base a **dieta**, cuja descrição possui um componente qualitativo (quais itens são consumidos) e um quantitativo (quanto se consome de cada item). A segunda e a terceira perguntas envolvem comportamento alimentar e hábitat (forrageamento, interações, estratégias) e junto às informações sobre a composição da dieta, determinam se o organismo estudado é generalista ou especialista, dentro de categorias de consumo como herbívoros, onívoros ou carnívoros, e subcategorias,

como insetívoros, granívoros, frugívoros etc., ou seja, seus **hábitos alimentares**. O trabalho apresentado aqui tenta responder, primariamente, a primeira pergunta, ficando as demais restritas a discussões condicionadas ao observado na composição da dieta. É relevante mencionar que essas questões de partida permeiam desde a ecologia de interações até processos ecossistêmicos bastante complexos. A partir desse ponto, entretanto, percebe-se a dificuldade em delimitar ecologia alimentar de ecologia trófica, se é que essa distinção se faz realmente necessária. *Trophe* ou *trophus* (grego) tem a ver com nutrição, mais especificamente ao modo de obter alimento². Por isso os níveis tróficos agrupam organismos que compartilham necessidades nutricionais e energéticas similares, e muitas vezes modo similar de obter esses recursos via consumo. A **Ecologia trófica** trata, então, da troca de nutrientes e de energia em todas as escalas ecológicas, levando em conta processos relevantes evolutivamente, ou seja, aqueles que moldaram ou mantêm determinado sistema, como aqueles chamados de *bottom-up* e *top-down*³. Uma vez que relaciona fixação, consumo e fluxo de energia entre distintos componentes de um sistema ecológico, a Ecologia trófica pode ser extremamente coincidente com a Ecologia de ecossistemas, mas também se constrói a partir de recortes da ecologia de interações, como aqueles entre predador-presa⁴. Em termos práticos, poderíamos dizer que a ecologia trófica está mais relacionada aos fatores envolvidos no modo como o alimento é obtido, e suas implicações para determinado sistema ecológico, em macroescala, e menos ao detalhamento do comportamento alimentar e composição da dieta de um determinado organismo, como é o tema desse capítulo.

Pequenos mamíferos não voadores: de presas a consumidores de carcaças, de dispersores a predadores de sementes

Pequenos roedores e marsupiais compõem o grupo mais diverso dentre os mamíferos⁵. Servem como presas⁶ e consomem uma variedade de itens, como invertebrados terrestres e aquáticos, partes vegetais, fungos, pequenos vertebrados e até carcaças⁷⁻⁹. Assim, são relevantes na manutenção do equilíbrio das teias alimentares, fornecendo energia e nutrientes a níveis tróficos superiores e regulando populações das espécies que consomem. Esses animais também são importantes consumidores de frutos e sementes, e muitas espécies podem desempenhar o papel de dispersores efetivos, especialmente os marsupiais¹⁰⁻¹³. Diferentemente dos roedores, marsupiais não roem o alimento e as sementes têm maiores chances de germinar. Apesar de roedores muitas vezes agirem como predadores ao danificar as sementes, comprometendo a germinação, algumas espécies também atuam como dispersoras^{11,14-15}. Nesse sentido, faz-se importante verificar o consumo e, o quanto possível, o potencial papel da espécie como dispersora e/ou predadora de sementes. Devido ao grande número de espécies e a variedade de hábitos que possuem, não é prudente tratar esses animais de modo homogêneo quanto ao papel que desempenham em cada comunidade. É fundamental conhecer sua ecologia alimentar, a começar pela descrição de sua dieta, principalmente considerando espécies muito abundantes, de hábito sinantrópico ou aquelas que participam de cadeias epidemiológicas importantes. No Brasil e no mundo, a maior parte dos estudos em geral sobre pequenos mamíferos tem sido conduzida com animais de ambientes florestais¹⁶. Igualmente, trabalhos sobre ecologia alimentar desse grupo também têm se concentrado nesse tipo de habitat. Dentre os trabalhos que relatam

aspectos referentes à dieta ou hábitos alimentares, a maioria foi conduzida na região de Mata Atlântica, apesar de se notar um aumento nas pesquisas no Cerrado nos últimos vinte anos. Os marsupiais aparecem como o grupo mais estudado⁷, sendo a descrição da composição da dieta a principal abordagem nos trabalhos desse bioma, muitas vezes sendo complementada por análises de variações intrapopulacionais e sazonalidade^{8,10-11,17-25}. Também são relevantes os artigos sobre consumo (predação e dispersão) de sementes^{11,14-15,23} e nicho trófico²⁶⁻²⁸. São mais raros aspectos como suplementação nutricional, efeito do fogo e microhabitat²⁹⁻³¹. No presente estudo, analisamos conteúdos gastrointestinais de dois roedores, *Calomys tener* e *Necromys lasiurus*, e do marsupial *Gracilinanus agilis* (Figura 1) visando à descrição da composição de suas dietas, assim como a avaliação de variações em função da estação climática, classe etária e sexo em *C. tener*. Essas espécies são comuns em áreas de Cerrado, inclusive em locais degradados/antropizados, sendo que os primeiros têm potencial ou estão envolvidos diretamente na epidemiologia da Hantavirose^{13,32-34}.

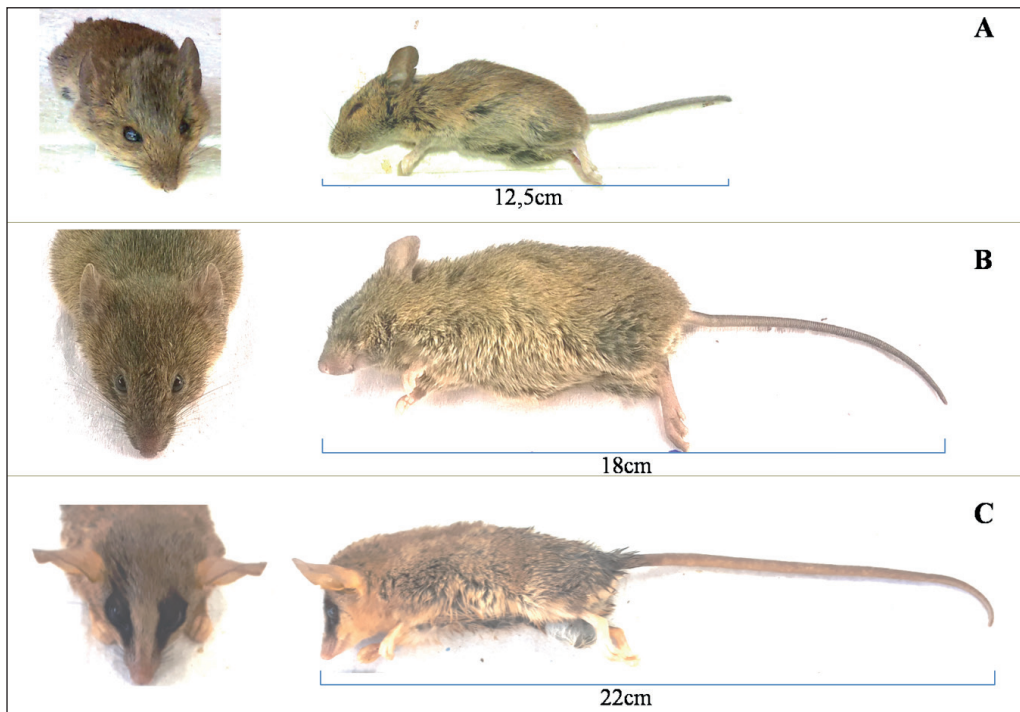


Figura 1. A) *Calomys tener*; B) *Necromys lasiurus*; C) *Gracilinanus agilis*. Imagens: arquivo pessoal do autor (VNR).

Métodos e técnicas para estudo da dieta

O estudo da dieta é um trabalho que, quase sempre, demanda a coleta do material consumido (fezes ou conteúdo gastrointestinal), que por sua vez implica na captura de animais ou na localização de fezes deixadas pelos mesmos. Ao se trabalhar com conteúdos gastrointestinais, é melhor que os órgãos de interesse sejam primeiro retirados da cavidade abdominal, para um melhor manuseio e conservação dos itens alimentares. Posteriormente, o material deve ser cuidadosamente removido, acondicionado e examinado microscopicamente. A etapa da identificação dos restos alimentares, por

sua vez, necessita conhecimento/pesquisa de estruturas de diferentes grupos animais e vegetais. Chaves de identificação, livros, consulta a especialistas e coleções de referência são essenciais na acurácia da determinação dos táxons, principalmente quando o alimento é bem triturado na mastigação (bem desenvolvida em roedores), ou sofre intensamente a digestão química após passagem pelo trato gastrointestinal. Nesse sentido, material fecal normalmente apresenta maior fragmentação dos itens por ter passado por todas as etapas da digestão. Isso por vezes impossibilita a identificação de parte do material consumido, e tal viés deve ser considerado ao categorizar os hábitos de espécies baseado apenas nessa metodologia. Uma vantagem é que se trata de um método menos invasivo, pois não é preciso capturar e/ou eutanasiar os animais, podendo ser bastante útil em estudos ecológicos que envolvam outros aspectos, ou de espécies que não podem ou são difíceis de serem capturadas/eutanasiadas. Mesmo a análise de conteúdos gastrointestinais pode ser enviesada, devido a diferentes taxas de digestibilidade dos itens. Geralmente, a identificação dos táxons consumidos recai sobre poucos fragmentos mais duros e de difícil digestão. Entretanto, a utilização de um ou outro método será dependente do contexto de estudo. Descrição das técnicas de análise de fezes e conteúdos estomacais consta na maior parte da bibliografia citada nas demais seções do capítulo. Aqui, trabalhamos com espécimes depositados em coleção científica e, desse modo, a análise de conteúdos gastrointestinais foi o método possível de estudo. Analisamos 138 indivíduos de *C. tener*, 13 de *N. lasiurus* e 16 de *G. agilis* pertencentes à coleção de mamíferos do Museu da Biodiversidade do Cerrado da Universidade Federal de Uberlândia, em Minas Gerais. Os animais são provenientes de áreas naturais de Cerrado (Reserva Ecológica do Panga e Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia) no município de Uberlândia (18°55'S, 48°17'O, 750 m de altitude), e na Estação Ambiental Galheiro, no município de Perdizes (19°12'S, 47°10'O, 700 - 1.000 m de altitude), ambos no Estado de Minas Gerais, coletados por armadilhas de queda entre setembro de 1998 e janeiro de 2005. Após a biometria dos animais, os tratos gastrointestinais foram seccionados para a retirada dos restos alimentares. O material encontrado foi triado sob microscopia estereoscópica e identificado por comparação com coleção de referência, consulta a especialistas e uso de chaves de identificação³⁵⁻³⁸.

Metodologias alternativas mais modernas também são possíveis, mas nem sempre são acessíveis ou viáveis economicamente, como no nosso estudo. Dentre as técnicas alternativas para caracterização da dieta, o uso de isótopos estáveis e a análise de DNA são as mais utilizadas³⁹. Fontes de carbono e posição trófica podem ser acessadas por meio de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio, que fornecem informações sobre os alimentos assimilados em escalas temporais variáveis, dependendo do tecido utilizado para análise⁴⁰⁻⁴¹. Tecidos duros, como pelos, podem acumular tais informações de semanas a meses, e podem ser bastante úteis em estudo de dieta de pequenos mamíferos, principalmente quando se quer associar a outros aspectos ecológicos e não é viável a eutanásia dos animais. Nesse caso, é interessante uma coleta de potenciais recursos alimentares no sítio de estudo, para a construção de uma base de dados de isótopos estáveis desses, e possibilitar comparação com a informação acumulada no organismo⁴². Essa metodologia também requer uso de testes comparativos ou mais frequentemente modelos de análise, o que implica num suporte estatístico específico para a área. Devido ao uso crescente dessa metodologia, muitos modelos já estão disponíveis, inclusive para uso no ambiente R⁴³. Quanto à análise de material genético, há muitos protocolos

disponíveis, tanto de fezes quanto de conteúdo gastrointestinal. As fezes, por exemplo, podem ser preservadas a seco em gel de sílica para posterior extração de DNA e realização de Reação em Cadeia de Polimerase (amplificação PCR), usando primers específicos para grupos de organismos. Sequências amplificadas são então identificadas e comparadas com sequências conhecidas disponíveis em banco de dados universal ou construído a partir de espécimes dos sítios de estudo⁴⁴. Outras técnicas, como uso de radioisótopos, detecção de isoenzimas, pigmentos e anticorpos monoclonais para detecção de proteínas de presas, também estão disponíveis, mas nem sempre acessíveis ou atendem, por si só, ao objetivo de identificar todos os componentes da dieta, sendo necessário um conjunto de técnicas para tal⁴⁵.

Descrição da composição da dieta

A forma mais comum de apresentar a composição da dieta de uma espécie é através de tabelas contendo índices e valores para os táxons encontrados nas amostras, como mostramos nas tabelas 1, 2, 3 e 4. No caso de *C. tener*, apresentamos tabelas separadas considerando sexo, classe etária e estação climática, pois testamos variações relacionadas a esses fatores, conforme mostrado mais adiante. A quantificação dos itens animais é feita atribuindo-se aos fragmentos um número mínimo de indivíduos correspondente. Por exemplo, se encontramos de uma a seis pernas de formiga, esse número remete a, no mínimo, um indivíduo consumido; entre sete e 12, a duas formigas, e assim por diante. Além do número relativo de itens de cada táxon em relação ao total (frequência de ocorrência), é comum apresentar o número relativo de indivíduos que consumiu cada táxon (frequência de consumo). A quantidade relativa de material vegetal e animal pode ser estimada de várias formas; aqui, foi estimada pela porcentagem de cobertura em placa de petri com campos quadriculados. A diversidade da dieta foi calculada pelo índice de Levins padronizado (B_{pad})⁴⁶ dado pela fórmula: $B = 1 / \sum p_i^2$, onde p é a proporção do número de itens de uma categoria i em relação ao total de itens da dieta. A padronização do índice é feita através da fórmula: $B_{pad} = (B - 1) / (n - 1)$, onde n é o número de táxons identificados na dieta. Quando não foi possível identificar as sementes até o nível de espécie e conseqüentemente qual o número médio de sementes por fruto, foi considerado o consumo de apenas um fruto por amostra (número mínimo).

Tabela 1. Parâmetros gerais de composição da dieta de três pequenos mamíferos de áreas de Cerrado

	<i>Calomys tener</i> (n=138)	<i>Necomys lasiurus</i> (n=13)	<i>Gracilinanus agilis</i> (n=16)
Frequência de consumo de itens (total/ animal/vegetal)	92,3/70,9/91,4	100,0/100,0/30,8	100,0/100,0/25,0
Total de itens e táxons	194 (15)	70 (9)	109 (10)
N e % de amostras para representar todos os táxons	117 (92,3%)	8 (61,5%)	14 (87,5%)
Índice de Levins padronizado	0,32	0,20	0,27

Tabela 2. Frequência de ocorrência (F.O.) e de consumo (F.C.) dos táxons nas amostras do roedor *Necromys lasiurus* e do marsupial *Gracilinanus agilis* de áreas de Cerrado através da análise de conteúdos gastrointestinais. São apresentados os números de itens ou de amostras seguidos pela frequência, entre parênteses.

Táxons	<i>Necromys lasiurus</i> (n=13)		<i>Gracilinanus agilis</i> (n=16)	
	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.
Araneae	2 (3)	2 (15)	4 (4)	4 (25)
Auchenorrhyncha	-	-	5 (5)	5 (31)
Coleoptera	4 (6)	4 (31)	9 (8)	7 (44)
Diptera	-	-	2 (2)	2 (12)
Heteroptera	2 (3)	2 (15)	3 (3)	3 (19)
Hymenoptera	19 (27)	10 (77)	14 (13)	7 (44)
Isoptera	37 (53)	8 (61)	54 (49)	6 (37)
Lepidoptera	1 (1)	1 (8)	-	-
Orthoptera	2 (3)	2 (15)	15 (14)	11 (69)
Insetos n.i.	-	-	1 (1)	1 (6)
Artrópodes (total)	67 (96)	13 (100)	107 (98)	16 (100)
Poaceae sp.1	1 (1)	1 (8)	1 (1)	1 (6)
<i>Miconia</i> sp.	2 (3)	2 (15)	1 (1)	1 (6)
Total de itens	70		109	

Tabela 3. Frequência de ocorrência (F.O.) e de consumo (F.C.) dos táxons nas amostras de *Calomys tener* na estação úmida, de acordo com sexo e faixa etária. São apresentados os números de itens ou de amostras seguidos pela frequência, entre parênteses.

Táxon	Fêmeas				Machos			
	Jovens (n = 5)		Adultas (n = 18)		Jovens (n = 12)		Adultos (n = 13)	
	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.
Araneae	0	0	1(2)	1(5)	0	0	1(7)	1(8)
Coleoptera	0	0	4(8)	4(22)	1(10)	1(8)	3(20)	3(23)
Diptera	0	0	1(2)	1(5)	0	0	0	0
Heteroptera	0	0	2(4)	2(11)	0	0	0	0
Hymenoptera	1(14)	1(20)	4(8)	4(22)	3(30)	3(25)	3(20)	3(23)
Isoptera	2(29)	2(40)	22(44)	4(22)	2(20)	2(17)	1(7)	1(7)
Lepidoptera	1(14)	1(20)	2(4)	1(5)	0	0	1(7)	1(7)
Mantodea	0	0	1(2)	1(5)	0	0	0	0
Orthoptera	0	0	1(2)	1(5)	0	0	0	0
Artrópodes n.i.	1(14)	1(20)	4(8)	4(22)	2(20)	2(17)	3(20)	3(23)
Insetos n.i.	1(14)	1(20)	0	0	1(10)	1(8)	1(7)	1(8)
Artrópodes (total)	6(86)	4(80)	42(84)	16(89)	9(90)	8(67)	13(87)	7(54)
<i>Miconia</i> sp.	0	0	6(12)	6(33)	0	0	2(13)	2(15)
Poaceae sp.2	1(14)	1(20)	2(4)	2(11)	1(10)	1(8)	0	0
Total de itens	7		50		10		15	

Tabela 4. Frequência de ocorrência (F.O.) e de consumo (F.C.) dos táxons nas amostras de *Calomys tener* na estação seca, de acordo com sexo e faixa etária. São apresentados os números de itens ou de amostras seguidos pela frequência, entre parênteses.

Táxons	Fêmeas				Machos			
	Jovens (n = 13)		Adultas (n = 20)		Jovens (n = 8)		Adultos (n = 38)	
	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.	F.O.	F.C.
Araneae	0	0	0	0	0	0	2(3)	2(5)
Auchenorrhyncha	0	0	0	0	0	0	1(1)	1(3)
Coleoptera	0	0	0	0	0	0	1(1)	1(3)
Heteroptera	0	0	1(4)	1(5)	0	0	1(1)	1(3)
Hymenoptera	1(7)	1(8)	8(32)	5(25)	3(50)	2(25)	16(24)	13(34)
Isoptera	8(53)	7(54)	3(12)	2(10)	1(17)	1(12)	30(45)	9(24)
Lepidoptera	1(7)	1(8)	2(8)	2(10)	0	0	5(8)	5(13)
Orthoptera	0	0	1(4)	1(5)	0	0	0	0
Sternorrhyncha	1(7)	1(8)	0	0	0	0	0	0
Artrópodes n.i.	0	0	4(16)	4(20)	0	0	4(6)	4(10)
Insetos n.i.	2(14)	2(15)	2(8)	2(10)	0	0	1(1)	1(3)
Artrópodes (total)	13(87)	9(69)	21(84)	15(75)	4(66)	2(25)	61(92)	29(76)
<i>Miconia</i> sp.	0	0	1(4)	1(5)	0	0	2(3)	2(5)
Semente n.i.	0	0	1(4)	1(5)	0	0	0	0
Poaceae sp.1	0	0	1(4)	1(5)	0	0	2(3)	2(5)
Poaceae sp.2	2(14)	(15)	1(4)	1(5)	2(33)	2(25)	1(1)	1(3)
Total de itens	15		25		6		66	

A maior parte (*C. tener*) ou a totalidade (*N. lasiurus* e *G. agilis*) dos espécimes continham restos alimentares em seus tratos gastrointestinais. *N. lasiurus* e *G. agilis* apresentaram maior número de amostras com material animal que vegetal, e o inverso ocorreu na amostra de *C. tener*. Para este último, o índice de diversidade da dieta foi maior, mas alguns táxons só foram registrados após exame de mais de 90% das amostras, valor um pouco superior às outras duas espécies (Tabela 1). Dentre os itens vegetais, apenas as sementes puderam ser identificadas. O restante do material considerado como vegetal foi composto de folhas, frutos (polpa e sementes) e outros fragmentos, e foram contabilizados para frequência de ocorrência e comparação com quantidade de matéria animal. Em *C. tener*, os mais frequentes foram sementes (19%) e outras partes de frutos (23%). No total, o número de sementes por indivíduo variou de um até 6.272 e a maioria (66,67%) apresentou até 300 sementes. Dentre as sementes, pôde-se identificar as famílias Melastomataceae (*Miconia* sp.) e Poaceae. Folhas foram encontradas em 6% dos indivíduos e partes vegetais não identificadas em 52%. A maior parte da matéria vegetal não pôde ser identificada devido à ausência de características diagnósticas nos fragmentos. Para os táxons animais, os principais fragmentos (todo ou parte) usados para diagnóstico foram tarsos, garras, arólios, mandíbulas, maxilas, antenas e asas. As categorias mais frequentemente consumidas pelos dois roedores foram Hymenoptera e Isoptera (Tabelas 3 e 4). Já para o marsupial, Orthoptera foi a categoria mais importante, apesar de formigas, cupins e besouros (Coleoptera) também terem sido frequentemente consumidos (Tabela 2). Dentre esses, coleópteros foram identificados/quantificados principalmente pela presença de partes das asas (élitro).

Para os outros três grupos, peças da mandíbula e da maxila foram as mais utilizadas para diagnose (Figura 2).

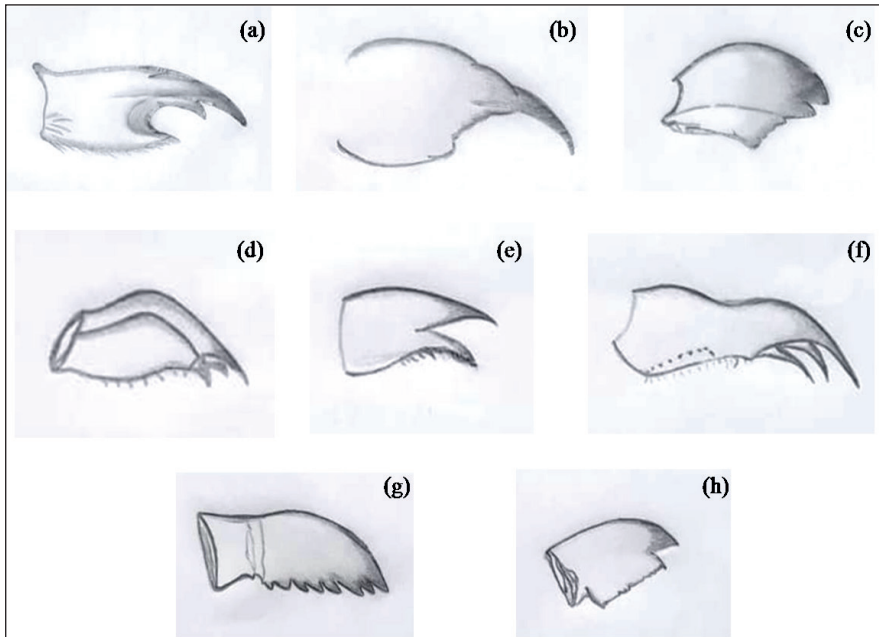


Figura 2. Peças bucais de insetos utilizadas para diagnose de táxons animais em conteúdos gastrointestinais de roedores e marsupiais. Peças da maxila (a) e da mandíbula de soldados (b) e operários (c) de Isoptera; peças da maxila de Gryllidae (d), Acrididae (e) e Gryllacrididae (f), da ordem Orthoptera; peças mandibulares de soldado (g) e operário (h) de Formicidae (Hymenoptera). Ilustrações do autor (VNR).

Possibilidade de análises a partir da determinação da composição da dieta

A partir da descrição da composição da dieta, podemos depreender informações sobre hábitos alimentares e possível comportamento alimentar da espécie estudada. A depender das condições de coleta de material e da amplitude do estudo, é possível elucidar outras questões importantes na ecologia alimentar, como seleção de recursos, potencial de dispersão ou predação de frutos e sementes, variações temporais e espaciais no consumo, e diferenças intrapopulacionais (sexuais e ontogenéticas). Em nosso estudo, a espécie *C. tener* foi submetida a testes para verificar diferenças estacionais, sexuais e ontogenéticas, e a composição da dieta foi apresentada em separado para cada uma dessas classes de análise anteriormente (Tabelas 3 e 4). Para as outras duas espécies o número de indivíduos não permitiu esse tipo de análise. Note-se que não falamos em variações sazonais, mas apenas estacionais, pois não temos amostras suficientes representando ao menos uma repetição de cada estação, não sendo, assim, possível verificar se diferenças se mantêm ao longo dos anos. Foram feitas comparações entre as estações seca e úmida quanto ao número de amostras contendo sementes (teste Qui-quadrado), número médio de sementes por amostra, porcentagem de material animal e vegetal consumida pela espécie (teste Mann-Whitney) e quantidade de cada um dos dois tipos de material consumida por indivíduo (teste Wilcoxon)⁴⁷. Para todos os testes, levou-se em consideração a faixa etária (jovens e adultos) e o sexo, pois muitas vezes esses fatores interagem e resultam em diferenças no consumo de recursos, conforme

discutido mais adiante. As análises foram feitas utilizando o programa *Systat* 10.2⁴⁸. O número de itens nas categorias alimentares mais importantes (que ocorreram em pelo menos duas amostras) foi comparado entre machos e fêmeas, entre juvenis e adultos e entre estações seca e úmida através de uma Análise de Componentes Principais (ACP)⁴⁹. Esta análise foi feita sob uma matriz de correlação utilizando o Programa Fitopac 1.6.4⁵⁰. A variância dos escores nos dois eixos mais importantes da ACP foi comparada entre sexo, idade e estação pelo teste *C* de Cochran⁵¹ calculado por: $C = (S^2_{i\text{ maior}}) / \sum S^2_i$, onde S^2 é a variância de um dado grupo *i*.

A seguir, mostramos os principais resultados dos testes que consideraram estação climática, sexo e classe etária, e tentamos pontuar alguns dos motivos que justificariam o porquê de considerar esses fatores na análise e a quais informações sobre o ambiente tais variações nos remete.

Variação estacional

Ambientes com variações sazonais climáticas quase sempre impõem a seus habitantes certo nível de oscilação no consumo de alimentos, em função da mudança na disponibilidade de recursos alimentares ou de outros recursos e condições ambientais, afetando a dieta de forma quantitativa ou qualitativa, ou de ambas conjuntamente⁵². Aqui, os espécimes analisados são provenientes de ambiente fortemente sazonal, com alterações climáticas marcantes nas estações úmida e seca, mas a diversidade da dieta de *C. tener* nas duas estações ($B_{\text{pad seca}} = 0,26$; $B_{\text{pad úmida}} = 0,30$) foi similar, e em ambas as estações, os itens mais consumidos e frequentes foram Hymenoptera e Isoptera. O consumo de material vegetal foi maior que de animal independente de faixa etária e sexo tanto na estação úmida ($z = 3,052$; $p < 0,01$) quanto na seca ($z = 4,865$; $p < 0,01$). As quantidades de material animal e vegetal (estimadas pela proporção de cobertura) também não variaram.

A proporção de indivíduos consumindo sementes não diferiu entre as estações seca (12,66%) e úmida (22,92%) ($\chi^2 = 1,594$; g.l. = 1,00; $p = 0,207$). No total, a frequência de consumo de sementes nas amostras foi de 16,54%. O número de sementes consumido por indivíduo também não foi diferente entre as estações ($U = 72,5$; $p = 0,21$). Na seca, o número de sementes por indivíduo variou de um até 3.164, com 50% dos indivíduos consumindo entre 61 e 150 sementes. Na estação úmida, o número de sementes por indivíduo variou de um até 6.272, com 63,64% dos indivíduos consumindo até 21 sementes.

Os dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (Figura 3) explicaram 60% da variância total. As categorias alimentares mais importantes no Eixo 1 foram Hymenoptera do lado negativo e sementes e Coleoptera do lado positivo e, no Eixo 2, Isoptera e “outros artrópodes” do lado positivo e Lepidoptera do lado negativo (Tabela 5). Nas comparações entre estações, a frequência de amostras com escores negativos na seca (51%) foi um pouco maior que na úmida (40%), mas essa diferença não foi significativa ($C_{\text{eixo1}} = 0,600$; $C_{\text{eixo2}} = 0,642$; $p > 0,05$).

A despeito das similaridades, notamos também algumas diferenças, como na frequência de consumo de Coleoptera e *Miconia* sp., que foi maior na estação úmida (16,6% consumiram Coleoptera e 16,6% consumiram *Miconia* sp.) que na seca (3,8% consumiram Coleoptera e 3,8% consumiram *Miconia* sp.) ($\chi^2 = 4,73$; g.l. = 1,00; $p = 0,3$).

Tabela 5. Autovetores e porcentagem de variância explicada nos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais.

Variável original	Eixo 1	Eixo 2
Coleoptera	0,2707	-0,0936
Hymenoptera	-0,5719	0,1002
Isoptera	-0,0789	0,2979
Lepidoptera	0,1164	-0,6877
outros artrópodes	0,0975	0,6224
Sementes	0,5166	0,0646
% de variância	37%	23%

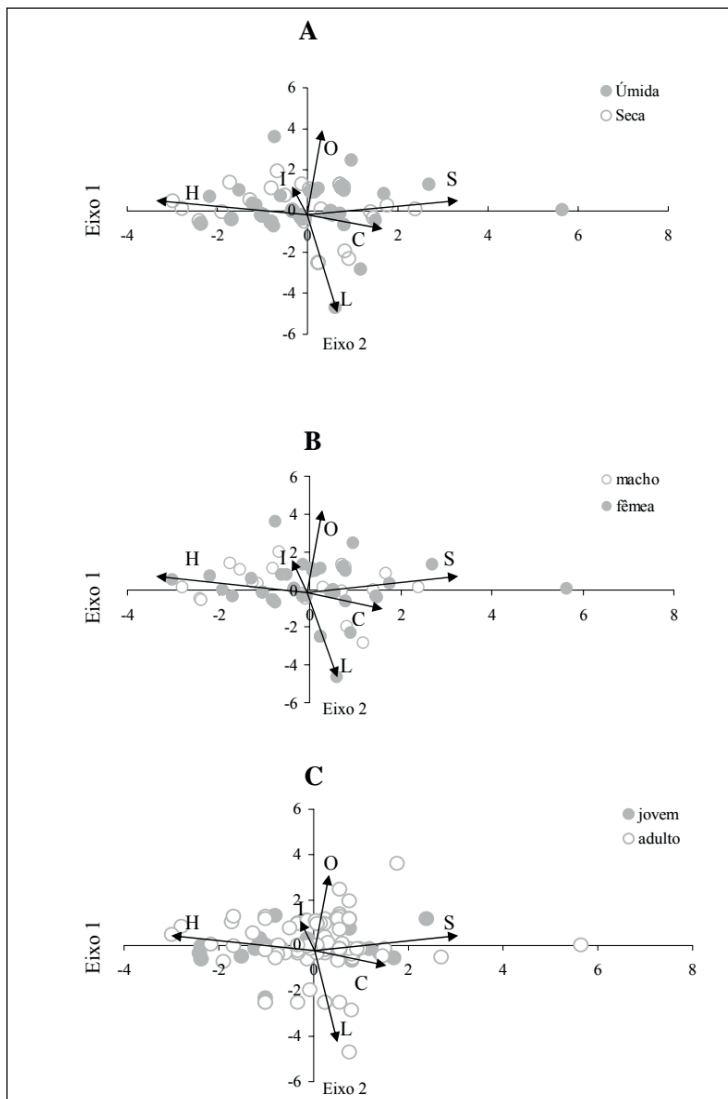


Figura 3. Análise de Componentes Principais comparando as amostras de *Calomys tener* segundo estação do ano (A), sexo (B) e idade (C). L = Lepidoptera; C = Coleoptera; O = outros artrópodes, S = Sementes; H = Hymenoptera e I = Isoptera.

Mudanças sazonais na oferta de recursos que afetam a dieta podem ter como consequência alterações no desenvolvimento dos indivíduos de uma população de forma heterogênea, afetando de modo diferente cada classe etária ou sexo⁵³⁻⁵⁴. Muitas espécies que habitam esses locais ajustam seu comportamento alimentar e dieta em função das restrições impostas pelo ambiente, apresentando diferentes amplitudes de nicho alimentar em estações climáticas distintas^{17,27,55-56}. O nicho alimentar pode variar tanto em expansão quanto em retração, sendo que a direção da mudança depende do hábito de cada espécie e das características do meio^{28,57-58}. Locais com invernos ou secas rigorosos, alagamentos ou incêndios, comumente apresentam mudanças na oferta de itens alimentares após ou durante esses eventos^{29,59}. Adicionalmente, a alimentação pode variar em função da mudança na oferta de outros tipos de recursos. Por exemplo, a escassez de água pode levar ao aumento do consumo de alimentos, e em uma época mais quente, animais podem passar a forragear mais em locais mais frescos que ofereçam alimentos distintos de locais onde frequentariam em épocas mais frias⁶⁰⁻⁶¹. Nesses casos, a causa primária da mudança na dieta não é a disponibilidade do alimento, mas sim a necessidade de hidratação e termorregulação.

Heterogeneidade nas condições microambientais e na distribuição de recursos no espaço podem refletir essa complexidade na dieta, com variações inter ou intrapopulacionais de acordo com o sítio específico explorado pelos indivíduos^{30,62}. Ainda, espécies com nicho trófico similar podem apresentar segregação espaço-temporal, com diferenças devido a essa segregação, possibilitando a coexistência num mesmo hábitat⁶³. Nesse caso, a variação sazonal ou espacial na dieta é resultado indireto das condições ambientais, definido por uma relação interespecífica. Por exemplo, em florestas tropicais, marsupiais parecem ocupar nichos isotópicos mais estreitos que roedores, sendo que frugívoros estão associados a estratos superiores, enquanto a insetivoria, ao chão^{42,64}. A dieta também pode variar mais acentuadamente, em épocas mais restritivas, quando os animais estão em locais que sofrem interferências externas de modo mais intenso, como bordas de floresta, ou na ocorrência de impactos antropogênicos, fazendo com que haja o consumo de alimentos alternativos de menor preferência nessas áreas^{42, 65-66}.

Algumas espécies também podem apresentar requerimentos nutricionais (e não somente energéticos) específicos em estações climáticas distintas, ocasionando uma mudança no consumo de recursos de modo intrínseco, que não são assim motivadas pela oferta de recursos⁶⁷. Do mesmo modo, classes etárias e sexo distintos muitas vezes têm diferentes necessidades energéticas/nutricionais, que podem também estar atreladas ao clima. De qualquer forma, através da avaliação da dieta, essas variações estacionais (e quase sempre sazonais) podem ser percebidas, mesmo não sendo possível, sem avaliação abrangente, quais são as causas dessas variações.

Variação ontogenética e sexual

A dieta pode variar em função da ontogenia, ou seja, ao longo da vida, conforme ocorram mudanças no desenvolvimento do organismo desde o nascimento até a idade adulta. Por vezes, variações na dieta e na ontogenia podem estar relacionadas, mas a distinção do fator causal pode ser confusa. É preciso cautela ao atribuir a uma ou outra *status* de causa e consequência⁶⁸. Podemos, contudo, falar em associações diretas ou indiretas, ou de fatores intrínsecos ou extrínsecos ligados a ontogenia e relacionados à dieta.

Percebemos, em nosso trabalho, que adultos de *C. tener* apresentaram uma dieta mais variada que jovens e consumiram mais Lepidoptera ($C_{eixo1} = 0,520$ e $p > 0,05$; $C_{eixo2} = 0,779$ e $p < 0,05$). Filhotes ou juvenis, normalmente menores que adultos, tendem a preda animais menores ou menos ágeis, enquanto adultos inserem presas maiores na dieta, ou mesmo uma quantidade maior de alimentos^{54,69}. Em vários grupos de animais, o tamanho tem sido a característica mais relacionada às mudanças ontogenéticas na dieta⁷⁰. Isso decorre de o tamanho diretamente se relacionar ao risco de predação e à competição inter e intraespecífica por recursos, além de estar associado a outros fatores ontogenéticos, como alterações bioquímicas ou mesmo comportamentais, que podem ser importantes para a habilidade e a eficácia de forrageamento. Essas interações podem modular comportamento alimentar levando ao consumo de itens diferentes em fases de vida distintas. Animais em idade mais suscetível a predadores podem explorar outros locais ou recursos diversos daqueles consumidos quando são mais aptos a escapar da predação. A competição também pode reduzir o aporte de nutrientes para os competidores menos aptos à obtenção do recurso (por inexperiência, força, etc.), e a mudança de estratégia e dieta nessa fase podem garantir a sobrevivência. Algumas fases específicas do desenvolvimento incluem padrões comportamentais que requerem a maximização da energia para um aspecto específico. Assim, adultos de forma geral podem apresentar um consumo direcionado ao suprimento das necessidades de acasalamento, defesa de território, cuidado com as crias, dentre outros, enquanto o aporte energético em juvenis é voltado essencialmente ao crescimento. Ademais, fatores externos podem, juntamente às características intrínsecas a fase de desenvolvimento, afetar o consumo de recursos de modo diferente em cada classe etária. Por exemplo, as variações sazonais que afetam a disponibilidade de recursos alimentares também podem impor trocas no consumo em um dos sexos ou em determinada classe etária^{30,54}.

Machos e fêmeas adultos podem demandar energia de modo diferente, principalmente em época reprodutiva e em espécies com dimorfismo sexual de tamanho¹⁷⁻²⁰. A partição de recursos e, conseqüentemente, a diferença na dieta, é com frequência mais forte entre machos e fêmeas que entre espécies próximas competindo. Em pequenos mamíferos, dimorfismo sexual é frequente em marsupiais, porém raro em roedores⁷¹. Em espécies com dimorfismo sexual de tamanho, o sexo de maior tamanho pode consumir presas maiores, num padrão de seleção que se mantém a despeito de variações estacionais na disponibilidade de presas⁷²⁻⁷³. Por outro lado, é bastante comum que haja uma interação entre diversos fatores afetando a dieta, com diferenças intersexuais aparecendo em dada estação climática em relação a apenas alguns componentes da dieta ou de modo geral^{18-20,74-75}. Aqui, não percebemos essa interação, nem tampouco foram detectadas diferenças entre sexo no consumo dos itens avaliados pela ACP; $C_{eixo1} = 0,608$; $C_{eixo2} = 0,600$; $p > 0,05$) ou demais análises mencionadas na avaliação entre estações para *C. tener*. Além da sazonalidade, importante mencionar que a partição de recursos entre sexos também pode estar associada com a idade e aspectos reprodutivos, assim como com distribuição do alimento no ambiente e diferenças comportamentais, devendo sempre considerar também esses fatores.

Seleção de recursos

Frente a gama de potenciais recursos disponíveis em um ambiente podemos dizer que quase sempre uma espécie seleciona, em algum nível, o que será consumido.

Entretanto, algumas espécies utilizam essa seleção de modo estratégico, resultando em maximização energética (maior saldo positivo no balanço entre energia resultante do consumo de um alimento e aquela gasta para obtê-lo), redução no tempo de forrageio (evitando predação, ou sobrando tempo para outras atividades importantes como a reprodução) e otimização do balanço nutricional do organismo (consumo de itens que possuem nutrientes essenciais à espécie, e não apenas energia)^{76,77}. Essas estratégias podem ser utilizadas em conjunto e em distintos níveis, e dependem de algumas condições como a disponibilidade de recursos, preferências e requerimentos individuais ou da espécie, e podem ter consequências em macro ou microescala. Podem modular ou ser moduladas por configurações intrapopulacionais e ainda impactar o fluxo de energia no ecossistema, afetando sua estrutura e estabilidade^{14,17,26,78}. Em termos práticos, estuda-se a seletividade comparando-se o que há disponível com o que foi consumido pelo animal⁷⁹⁻⁸¹. É imperativo que a amostragem de recursos potenciais e do material para análise da dieta seja coincidente no espaço-tempo, levando em conta a área de vida da espécie estudada. Note-se que seletividade, então, não remete aos itens mais consumidos dentro da gama de táxons que compõem a dieta, mas sim àqueles preferidos dentre o que está disponível e ao alcance de ser consumido. Uma vez que não pudemos realizar o levantamento de recursos alimentares na área de vida dos indivíduos estudados, na mesma época em que foram capturados, não pudemos, aqui, falar em seletividade, mas apenas em táxons mais consumidos, conforme discutido anteriormente quando da apresentação da composição da dieta.

Dispersão vs. predação de sementes

Diversos animais podem atuar como dispersores de frutos e sementes, e em regiões tropicais, a zoocoria é uma das formas de dispersão mais amplamente difundida. Certas espécies frugívoras, porém, podem danificar as sementes ao comerem o fruto. Isso pode ocorrer antes ou após a dispersão, afetando a dinâmica populacional de plantas, especialmente quando o dano pré-dispersão diminui as chances de germinação⁸². Pequenos mamíferos são importantes consumidores de frutos, podendo ser enquadrados na situação descrita, com espécies dispersoras e outras predadoras de sementes¹⁵. No caso dos roedores, o seu comportamento de roer por vezes acaba danificando estruturas importantes para a germinação. Por outro lado, as sementes podem ser consumidas sem danos essenciais ao longo do trato digestório, podendo germinar após serem eliminadas nas fezes⁸³. Algumas espécies vegetais inclusive se beneficiam dessa passagem ao terem estruturas externas digeridas ou modificadas, aumentando seu potencial germinativo⁸⁴. Ao se constatar a presença de sementes em conteúdos gastrointestinais, durante análise de dieta, é válido tentar discriminar o papel da espécie consumidora como dispersora ou predadora, através de testes de germinação. Ainda, é possível avaliar se a passagem pelo trato digestório potencializa a germinação, comparando a germinação de sementes direto do fruto com aquela de sementes retiradas das fezes¹⁴. Para isso, o material não deve ter sido fixado, ou seja, as sementes devem ser retiradas das fezes ou do conteúdo gastrointestinal no local de coleta ou captura dos animais, e o mais imediatamente possível, encaminhadas ao experimento de germinação em substrato apropriado (vermiculita, algodão, papel filtro). Em nosso estudo, não foi possível realizar tais testes, uma vez que os animais já se encontravam fixados e depositados em coleção

zoológica. Entretanto, foi possível observar um relevante consumo de sementes pelo roedor *C. tener*, o que justificaria um trabalho futuro sobre testes de germinação para elucidar o potencial da espécie como dispersora.

Considerações finais

Os dados existentes na literatura sobre a dieta dos roedores estudados aqui não são muito extensos (*C. tener*) ou não são totalmente coincidentes (*N. lasiurus*). No caso de *G. agilis*, foram relatadas contribuições importantes sobre sua ecologia alimentar nos últimos anos^{14,17-18,22-23, 26,85}. Para esse marsupial, tais trabalhos demonstraram uma dieta insetívora-onívora, com dominância de Hymenoptera, Isoptera e Coleoptera, mas também há presença importante de sementes de plantas pioneiras, sem comprometimento de sua capacidade germinativa após passagem pelo trato digestório. Esses registros diferem dos nossos, principalmente quanto à ocorrência de Orthoptera, táxon encontrado aqui em mais da metade das amostras. Estudos conduzidos em florestas indicam que ortópteros são mais frequentes em bordas e trilhas que no interior⁸⁶. Assim, a grande ocorrência e abundância de ortópteros na dieta de *G. agilis* podem indicar a exploração dessas áreas ou de ambientes similares para forrageamento. Para *N. lasiurus*, alguns trabalhos demonstram predomínio de itens vegetais^{8,21}. Trabalho mais recente corrobora com os nossos resultados, relatando maior quantidade de itens de origem animal²⁸, caracterizando o hábito alimentar dessa espécie como insetívoro-onívoro. É importante considerar que a diferença nesses resultados pode se dever a divergências metodológicas e dificuldades de identificar itens vegetais tanto nos conteúdos gastrointestinais quanto nas fezes. Independente dessas divergências, em todos os trabalhos com essa espécie foi demonstrado consumo de matéria vegetal, inclusive de sementes de plantas pioneiras, tal como para *G. agilis*. Como demonstrado previamente, esse roedor é capaz de consumir as sementes sem prejudicar sua germinação. Os dados da literatura, juntamente com os que adicionamos no presente trabalho, reforçam o papel como dispersores de *N. lasiurus* e *G. agilis*, os quais podem exercer importante função em ambientes como o Cerrado⁸⁷, constantemente sujeito a impactos antrópicos, como incêndios e perda de vegetação nativa.

Para o roedor *C. tener*, os registros de dieta são ainda mais escassos. Dentre os dados disponíveis, também existem discrepâncias em relação aos nossos resultados^{21,28}, os quais demonstraram predomínio de matéria vegetal, apesar de uma grande contribuição de artrópodes na dieta. Ribeiro *et al.*²⁸, entretanto, chama a atenção para o fato de que as duas espécies de roedores aqui estudadas são generalistas e parecem reduzir o consumo de invertebrados em habitats mais complexos, independente da redução da oferta desse recurso. Aqui, *C. tener* apresentou uma dieta onívora com predomínio de matéria vegetal, categorizando-o como herbívoro-onívoro, num padrão que se manteve independente de classe etária, sexo ou estação do ano. Apesar de não terem sido detectadas diferenças conspícuas, pôde-se notar uma tendência a um maior consumo de Hymenoptera nos meses com menor precipitação e de sementes e Coleoptera na época das chuvas. De fato, Hymenoptera, Isoptera e Coleoptera têm sido os táxons mais frequentes e abundantes nos trabalhos sobre dieta de pequenos mamíferos^{10-11,18,20,23,64}. No Cerrado, formigas, besouros e cupins representam cerca de 70% da abundância de insetos⁸⁸. Isso poderia explicar, em parte, o predomínio desses

táxons na dieta. Ainda, vimos que adultos consumiram Lepidoptera e outros artrópodes com maior frequência que os jovens. Variações ontogenéticas na dieta de pequenos mamíferos no Brasil têm sido mais raramente reportadas^{62,69} em comparação àquelas relacionadas ao sexo e sazonalidade^{14,17-20,26,74-75} e, para *C. tener*, não há relatos desse tipo de variação intraespecífica na dieta.

Quanto à Hymenoptera e Isoptera estarem entre as categorias mais importantes, esse resultado não deve ser explicado por um hábito preferencial por esses táxons, como discutido previamente. A abundância natural de formigas e cupins em áreas de Cerrado⁸⁹ provê uma grande chance de encontro entre essas presas e os predadores, possibilitando o consumo de muitos indivíduos de uma só vez, visto serem animais sociais⁹⁰. Os demais táxons animais identificados (excetuando-se Coleoptera e Orthoptera, a depender da espécie) foram consumidos em pequeno número, apesar de estarem presentes em grande parte das amostras, indicando um consumo provavelmente oportunista. Espécies onívoras, com um amplo nicho alimentar, normalmente sacrificam a eficiência no uso de recursos específicos pela habilidade em utilizar recursos variados⁹¹. O oportunismo deve conferir vantagens a animais que habitam ambientes sazonais e sujeitos a variações ambientais que afetam a disponibilidade de recursos como o Cerrado.

Referências

- ¹ Gerking, S. D. *Feeding ecology of fish*. (Elsevier, 2014).
- ² Garvey, J. E. & Whiles, M. *Trophic ecology*. (CRC Press, 2016).
- ³ Hanley, T. C. & La Pierre, K. J. (Ed.). *Trophic Ecology*. (Cambridge University Press, 2015).
- ⁴ Arditi, R. & Ginzburg, L. R. *How species interact: altering the standard view on trophic ecology*. (Oxford University Press, 2012).
- ⁵ Nowak, R. M. & Walker, E. P. *Walker's Mammals of the World* (Vol. 1) (JHU press, 1999).
- ⁶ De Arruda Bueno, A. & Motta-Junior, J. C. Behavioural and morphological strategies by small savannah rodents to avoid predation. *Mammal. Biol.* **80**, 401–408 (2015).
- ⁷ Lessa, L. G. & Geise, L. Hábitos alimentares de marsupiais didelfídeos brasileiros. *Oecol. Aust.* **14**(4), 901–910 (2010).
- ⁸ Talamoni, S. A. *et al.* Diet of some species of Neotropical small mammals. *Mammal. Biol.* **73** (5), 337–341 (2008).
- ⁹ Facure, K. G. & do Nascimento Ramos, V. Food habits of the thick-tailed opossum *Lutreolina crassicaudata* (Didelphimorphia, Didelphidae) in two urban areas of southeastern Brazil. *Mammal. Biol.* **76**, 234–236 (2011).
- ¹⁰ Lessa, L. G. & Costa, F. N. Food habits and seed dispersal by *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae) in a Brazilian Cerrado reserve. *Mastozool. Neot.* **16**, 459–463 (2009).
- ¹¹ Lessa, L. G. *et al.* Food habits and endozoochorous seed dispersal by small rodents (Cricetidae and Echimyidae) in a riparian forest in Southeastern Brazil. *Neot. Biol. Cons.* **14**, 349–359 (2019).

- ¹² Casella, J. & Cáceres, N. C. Diet of four small mammal species from Atlantic forest patches in South Brazil. *Neot. Biol. Cons.* **1**, 5–11 (2006).
- ¹³ Amico, G. C. *et al.* The potential key seed-dispersing role of the arboreal marsupial *Dromiciops gliroides*. *Acta Oecol.* **35**, 8–13 (2009).
- ¹⁴ Camargo, N. F. D. *et al.* Frugivoria e potencial dispersão de sementes pelo marsupial *Gracilinanus agilis* (Didelphidae: Didelphimorphia) em áreas de Cerrado no Brasil central. *Acta Bot. Bras.* **25**, 646–656 (2011).
- ¹⁵ Briani, D. C. & Guimaraes Jr, P. R. Seed predation and fruit damage of *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) by rodents in the cerrado of central Brazil. *Acta Oecol.* **31**, 8–12 (2007).
- ¹⁶ Luza, A. L. *et al.* A global database on non-volant small mammal composition in natural and human-modified habitats. *Data in brief* **23**, 103842 (2019).
- ¹⁷ Camargo, N. F. *et al.* Diet of the gracile mouse opossum *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia: Didelphidae) in a neotropical savanna: intraspecific variation and resource selection. *Acta Theriol.* **59**, 183–191 2014.
- ¹⁸ Martins, E. G. *et al.* Diet of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus microtarsus*) (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado: patterns of food consumption and intrapopulation variation. *J. Zool.* **269**, 21–28 (2006).
- ¹⁹ Martins, E. G. *et al.* Sex and season affect individual-level diet variation in the Neotropical marsupial *Gracilinanus microtarsus* (Didelphidae). *Biotropica* **40**, 132–135 (2008).
- ²⁰ Melo, G. L. *et al.* Feeding ecology of the marsupial *Thylamys macrurus* (Olfers 1818) (Mammalia, Didelphidae) in woodland patches of Cerrado, central-western Brazil. *Mammalia* **83**, 41–48 (2019).
- ²¹ Talamoni, S. A. & Dias, M. M. Population and community ecology of small mammals in southeastern Brazil. *Cad. Dep. Cie. Biol. PUC Minas* **7**, 51–56 (1999).
- ²² Bocchiglieri, A. *et al.* Diet composition of *Gracilinanus agilis* (Didelphimorphia, Didelphidae) in dry woodland areas of Cerrado in central Brazil. *Mammalia* **74**, 225–227 (2010).
- ²³ Lessa, L. G. & da Costa, F. N. Diet and seed dispersal by five marsupials (Didelphimorphia: Didelphidae) in a Brazilian cerrado reserve. *Mammal. Biol.* **75**, 10–16 (2010).
- ²⁴ Lessa, L. G. & Geise, L. Food habits of *Metachirus nudicaudatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a Brazilian Cerrado: diet composition and dietary seasonality. *Stu. Neot. Fau. Environ.* **49**, 75–78 (2014).
- ²⁵ Portella, A. S. & Vieira, E. M. Diet and trophic niche breadth of the rare acrobatic cavy *Kerodon acrobata* (Rodentia: Caviidae) in a seasonal environment. *Mammal Res.* **61**, 279–287 (2016).
- ²⁶ Camargo, N. F. *et al.* Intra-and inter-individual variation show distinct trends as drivers of seasonal changes in the resource use of a neotropical marsupial. *Biol. J. Linn. Soc.* **111**, 737–747 (2014).

- ²⁷ Camargo, N. F. *et al.* Seasonal isotopic niche of a rodent: High between-individual variation but no changes in individual niche width during the rich-resource period. *Biotropica* **53**, 966–975 (2021).
- ²⁸ Ribeiro, J. F. *et al.* Habitat type and seasonality influence the isotopic trophic niche of small mammals in a neotropical savanna. *Hystrix It. J. Mamm.* **30**, 30–38 (2019).
- ²⁹ Vieira, E. M., & Briani, D. C. Short-term effects of fire on small rodents in the Brazilian Cerrado and their relation with feeding habits. *Int. J. Wildland Fire* **22**, 1063–1071 (2013).
- ³⁰ Corrêa, M. R. Microhabitat structure and food availability modelling a small mammal assemblage in restored riparian forest remnants. *Mammalia* **82**(4), 315–327 (2018).
- ³¹ Mendonça, A. F. *et al.* Round-pot feeder: low-cost apparatus for field studies on food supplementation for arboreal small mammals. *Mammalia* **82**(1), 68–71 (2018).
- ³² Figueiredo, G. G. D. *et al.* Diagnóstico de infecção por hantavírus em humanos e roedores em Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **43**, 348–354 (2010).
- ³³ Kruger, D. H. *et al.* Hantaviruses-globally emerging pathogens. *J. Clin. Virol.* **64**, 128–136 (2015).
- ³⁴ Limongi, J. E. *et al.* Hantavirus pulmonary syndrome and rodent reservoirs in the savanna-like biome of Brazil's southeastern region. *Epidemiol. Infect.* **144**, 1107–1116 (2016).
- ³⁵ Borror, D.L. & White, R.E. *A field guide of the insects* (Houghton Mifflin Company, 1970).
- ³⁶ Borror, D.J. & Delong, D.M. *Introdução ao estudo dos insetos* (Editora Edgard Blücher Ltda, 1989).
- ³⁷ Buzzi, Z. J. *Entomologia didática* (Editora da UFPR, 2002).
- ³⁸ Galo, D. *et al.* *Entomologia Agrícola* (FEALQ, 2002).
- ³⁹ Carreon-Martinez, L. & Heath, D. D. Revolution in food web analysis and trophic ecology: diet analysis by DNA and stable isotope analysis. *Mol. Ecol.* **19**, 25–27 (2010).
- ⁴⁰ Peterson, B. J. & Fry, B. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **18**, 293–320 (1987).
- ⁴¹ Kelly, J. F. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. *Canad. J. Zool.* **78**, 1–27 (2000).
- ⁴² Galetti, M. *et al.* Trophic niche differentiation in rodents and marsupials revealed by stable isotopes. *PLoS One* **11**, e0152494 (2016).
- ⁴³ Hopkins III, J. B. & Ferguson, J. M. Estimating the diets of animals using stable isotopes and a comprehensive Bayesian mixing model. *PloS one* **7**, e28478 (2014).
- ⁴⁴ Bohmann, K. *et al.* Molecular diet analysis of two African free-tailed bats (Molossidae) using high throughput sequencing. *PloS one* **6**, e21441 (2011).
- ⁴⁵ Sheppard, S. K., & Harwood, J. D. Advances in molecular ecology: tracking trophic

links through predator–prey food-webs. *Func. Ecol.* **19**, 751–762 (2005).

⁴⁶ Krebs, C.J. *Ecological Methodology* (Harper and Row, 1989).

⁴⁷ Zar, J. H. *Biostatistical analysis* (Prentice Hall, 1999).

⁴⁸ SPSS, Inc. *SYSTAT Version 10.2*. (Chicago, IL, 1999).

⁴⁹ Manly, B.F.J. *Multivariate Statistical Methods* (Chapman & Hall, 1994).

⁵⁰ Shepherd, G.J. *Fitopac versão 1.6.4*. (2006).

⁵¹ Snedecor, G.W. & Cochran, W.G. *Statistical Methods*. (Iowa State University, 1989).

⁵² Larter, N. C. & Gates, C. C. Diet and habitat selection of wood bison in relation to seasonal changes in forage quantity and quality. *Canad. J.Zool.* 2677–2685 (1991).

⁵³ Bergallo, H. D. G. & Magnusson, W. E. Effects of weather and food availability on the condition and growth of two species of rodents in Southeastern Brazil. *Mammalia* **66**, 17–32 (2002).

⁵⁴ Ceotto, P. *et al.* Diet variation of the marsupials *Didelphis aurita* and *Philander frenatus* (Didelphimorphia, Didelphidae) in a rural area of Rio de Janeiro state, Brazil. *Mastozool. Neot.* **16**, 49–58 (2009).

⁵⁵ Abreu, F. *et al.* Feeding ecology and behavioral adjustments: flexibility of a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) to survive in a semiarid environment. *Mammal. Res.* **61**, 221–229 (2016).

⁵⁶ Akrim, F. *et al.* Distribution, dietary breadth and niche overlap between two sympatric mongoose species inhabiting Pir Lasura National Park, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Pakistan J. Zool.* **51**, 1497–1507 (2019).

⁵⁷ Casella, J. Diet of *Didelphis aurita* and *Micoureus paraguayanus* and the fruit availability in a semideciduous Atlantic forest in Southern Brazil. *Neot. Biol. Cons.* **6**, 85–93 (2011).

⁵⁸ Bubadué, J. *et al.* Niche partitioning in small mammals: interspecific and biome-level analyses using stable isotopes. *J. Mammal.* **102**, 1235–1248 (2021).

⁵⁹ Hannibal, W. *et al.* Variación poblacional estacional de *Gracilinanus agilis* (Mammalia: Didelphidae) en fragmentos de bosque semideciduo. *Mastozool. Neot.* **23**, 81–87 (2016).

⁶⁰ Favaroni-Mendes, L. A. *et al.* Differences in ingestive balance of two populations of neotropical *Thrichomys apereoides* (Rodentia, Echimyidae). *Comp. Biochem. Physiol. Part A:* **138**, 327–332 (2004).

⁶¹ Beeby, N. & Baden, A. L. Seasonal variability in the diet and feeding ecology of black-and-white ruffed lemurs (*Varecia variegata*) in Ranomafana National Park, southeastern Madagascar. *Am. J. Phys. Anthropol.* **174**, 763–775 (2021).

⁶² Bovendorp, R. S. *et al.* Age and habitat quality matters: isotopic variation of two sympatric species of rodents in Neotropical Forest. *Hystrix It. J. Mamm.* **28**, 214–221 (2017).

⁶³ Kuhnen, V. V. *et al.* Diet overlap and spatial segregation between two neotropical

- marsupials revealed by multiple analytical approaches. *PLoS one*, **12**, e0181188 (2017).
- ⁶⁴ Finotti, R. *et al.* Frugivory vs. insectivory in marsupials of the Atlantic Forest: trade-offs in the use of vertical strata. *Oecol. Aust.* **22**, 191–200 (2018).
- ⁶⁵ Van Doorn, A. C. *et al.* The effects of extreme seasonality of climate and day length on the activity budget and diet of semi-commensal chacma baboons (*Papio ursinus*) in the Cape Peninsula of South Africa. *Am. J. Primatol.* **72**, 104–112 (2010).
- ⁶⁶ Serckx, A. *et al.* Feeding ecology of bonobos living in forest-savannah mosaics: Diet seasonal variation and importance of fallback foods. *Am. J. Primatol.* **77**, 948–962 (2015).
- ⁶⁷ Karasov, W. H. Nutrient constraints in the feeding ecology of an omnivore in a seasonal environment. *Oecol.* **66**, 280–290 (1985).
- ⁶⁸ Sánchez-Hernández, J. *et al.* Causes and consequences of ontogenetic dietary shifts: a global synthesis using fish models. *Biol. Reviews* **94**, 539–554 (2019).
- ⁶⁹ Castilheiro, W. F. F. & Santos Filho, M. D. Diet of *Monodelphis glirina* (Mammalia: Didelphidae) in forest fragments in southern Amazon. *Zool.* **30**, 249–254 (2013).
- ⁷⁰ Werner, E. E. & Gilliam, J. F. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **15**, 393–425 (1984).
- ⁷¹ Fonseca, G. A. *Biology and natural history of Brazilian Atlantic Forest small mammals*. (University of Florida, 1988).
- ⁷² Birks, J. D. S. & Dunstone, N. Sex-related differences in the diet of the mink *Mustela vison*. *Ecograph.* **8**, 245–252 (1985).
- ⁷³ Mikkola, H. & Tornberg, R. Sex-specific diet analysis of the Eurasian eagle owl in Finland. *Ornis Fenn.* **91**, 195–200 (2014).
- ⁷⁴ Carvalho, R. F. *et al.* Diet variations in short-tailed opossum *Monodelphis domestica* (Didelphimorphia, Didelphidae) due to seasonal and intersexual factors. *Mastozoool. Neot.* **26**, 340–348 (2019).
- ⁷⁵ Sena, V. G. & Lessa, L. G. Variação sazonal na dieta de *Trinomys albispinus* (Rodentia, Echimyidae) em uma área de campos rupestres, no sudeste do Brasil. *Oecol. Aust.* **24**(3), 635–643 (2020).
- ⁷⁶ Ellis, J. E. . A conceptual model of diet selection as an ecosystem process. *J. Theor. Biol.* **60**(1), 93–108 (1976).
- ⁷⁷ Camp, M. J. . Interacting effects of ambient temperature and food quality on the foraging ecology of small mammalian herbivores. *J. Therm. Biol.* **71**, 83–90 (2018).
- ⁷⁸ Hoset, K. S. . Changes in the spatial configuration and strength of trophic control across a productivity gradient during a massive rodent outbreak. *Ecosystems* **20**, 1421–1435 (2017).
- ⁷⁹ Leiner, N. O. & Silva, W. R. Seasonal variation in the diet of the Brazilian slender opossum (*Marmosops paulensis*) in a montane Atlantic forest area, southeastern Brazil. *J. Mammal* **88**, 158–164 (2007).

- ⁸⁰ Pinotti, B. T. *et al.* Diet and food selection by small mammals in an old-growth Atlantic forest of south-eastern Brazil. *Stud. Neot. Fauna Environ.* **46**, 1–9 (2011).
- ⁸¹ Conceição, A. M. & Bocchiglieri, A. Seleção de invertebrados na dieta de marsupiais (Mammalia: Didelphimorphia) em fragmento de Mata Atlântica no nordeste do Brasil. *Bol. Mus. Biol. Mello Leitão* **39**, 117–126 (2017).
- ⁸² Cipollini, M. L. & Stiles, E. W. Relative risks of microbial rot for fleshy fruits: significance with respect to dispersal and selection for secondary defense. *Adv. Ecol. Res.* **23**, 35–91 (1992).
- ⁸³ Cantor, M. *et al.* Potential seed dispersal by *Didelphis albiventris* (Marsupialia, Didelphidae) in highly disturbed environment. *Biota Neotropica* **10**, 45–51 (2010).
- ⁸⁴ Traveset, A. A. J. A. *et al.* in *Seed dispersal: theory and its application in a changing world* (eds. Dennis, A. J. *et al.*) 78–103 (Cabi Publishing, 2007).
- ⁸⁵ Paula, C. D. S. Partição de recursos entre duas espécies simpátricas de *Gracilinanus* (Didelphimorphia: Didelphidae) em uma área de mata ciliar savânica: relação com o uso de ambiente e a dieta. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (2017).
- ⁸⁶ Barbosa, V.S. *et al.* Distribution pattern of herbivorous insects in a remnant of Brazilian Atlantic Forest. *Neot. Entomol.* **34**, 701–711 (2005).
- ⁸⁷ Mariano, V. *et al.* Fire-sensitive species dominate seed rain after fire suppression: implications for plant community diversity and woody encroachment in the Cerrado. *Biotropica* **51**, 5–9 (2019).
- ⁸⁸ Pinheiro, F.I. *et al.* Seasonal pattern of insect abundance in the Brazilian cerrado. *Aust. Ecol.* **27**, 132–136 (2002).
- ⁸⁹ Constantino, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Pap. Avu. Zool.* **40**, 387–448 (1999).
- ⁹⁰ Wilson, E.O. *The insects societies* (Belknap Press of Harvard University Press, 1971).
- ⁹¹ York, M.M. *et al.* Diet and food-niche breadth of burrowing owls (*Athene cunicularia*) in the Imperial Valley, California. *West. North Am. Nat.* **62**, 280–287 (2002).

CAPÍTULO 9

INTERAÇÃO PLANTAS-POLINIZADORES NA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

*Paulo Eugênio Oliveira
Vinicius L.G. Brito
Felipe W. Amorim
Pietro K. Maruyama
João C.F. Cardoso
Renata Trevisan*

Introdução geral

A polinização representa o processo de transporte de grãos de pólen das anteras (estrutura masculina) até os estigmas (estrutura feminina) das flores. Embora o transporte dos grãos de pólen seja capaz de ocorrer através de vetores abióticos, como o vento e a chuva, a maioria das plantas com flores são polinizadas principalmente através de vetores bióticos, como insetos e outros animais¹. Assim, a polinização biótica é considerada vital para a manutenção de comunidades vegetais e para os animais envolvidos neste processo. Os serviços de polinização providos por animais permitem a regeneração e persistência das populações naturais da maioria das Angiospermas, e os recursos florais são usados pelos polinizadores para seus requerimentos metabólicos e reprodução². As interações planta-polinizador têm um papel fundamental na diversificação e irradiação adaptativa das angiospermas, bem como de muitos grupos de animais visitantes florais (antófilos), que dependem de tais recursos^{3,4}. Além disso, são componentes importantes da biodiversidade, especialmente em ambientes tropicais onde a maior parte das plantas com flores dependem dos animais para a sua polinização e reprodução^{1,5}.

Os ambientes de Cerrado, as savanas tropicais brasileiras, são dominados por formações não florestais adaptadas a um ambiente estacional, solos antigos e relativamente pobres, e à ocorrência de queimadas, cuja frequência e intensidade têm sido ampliadas desde a chegada do homem no continente americano e ainda mais ao longo da colonização do Brasil Central⁶. As plantas do Cerrado têm estratégias de desenvolvimento e reprodução adaptadas às condições naturais da região, onde o clima estacional (verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos), solos pobres e ocorrência de queimadas são fatores usualmente considerados limitantes⁷. É possível encontrar plantas com flores durante todo o ano e os polinizadores estão ativos de forma relativamente contínua, apesar da sazonalidade afetar diferentemente as diversas guildas de plantas e de polinizadores⁸. A maior parte das plantas de Cerrado depende efetivamente da polinização biótica por abelhas e de outros grupos de polinizadores, para a produção de frutos e sementes viáveis^{9,10}. Por sua vez, os recursos florais são vitais para a manutenção da diversidade dos animais nos ambientes de Cerrado¹¹. Estes ambientes reúnem uma fauna de animais associados às flores, cuja diversidade é comparável ou até maior que aquela observada em ambientes florestais tropicais. Tais polinizadores se movimentam e possivelmente conectam as diferentes fitofisionomias de Cerrado¹², e até

mesmo distintos biomas Neotropicais^{9,13}. Mas a biologia das interações entre animais e plantas na região ainda é insuficientemente estudada, e o conhecimento depende de estudos em áreas naturais que estão desaparecendo rapidamente ou sendo modificadas pela ação direta ou indireta das populações humanas e da expansão agrícola na região¹⁴.

A Reserva Ecológica do Panga (REP), localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, é uma das poucas áreas de preservação permanente de Cerrado do Triângulo Mineiro. Apesar de estar próxima do limite meridional do Cerrado, a reserva inclui uma boa parte das formações vegetais típicas do bioma, que variam desde áreas de savanas abertas e úmidas (i.e. veredas), até áreas florestais associadas especialmente ao vale do Ribeirão do Panga¹⁵ (Fig. das fitofisionomias). A presença da reserva possibilitou a realização de estudos sobre a dinâmica reprodutiva das plantas e de alguns grupos de polinizadores desde a sua criação. Com isso, as pesquisas em torno da biologia da polinização e reprodução de plantas podem ajudar a entender a dinâmica da biodiversidade na área e orientar políticas de conservação do bioma Cerrado. A conservação da área e redução da frequência de queimadas têm levado a mudanças fisionômicas que afetam a diversidade de espécies de plantas e animais^{16,17}, e provavelmente a diversidade e funcionamento dos sistemas de polinização e reprodução das espécies remanescentes¹⁶.

O objetivo aqui é revisar os trabalhos sobre polinização na REP e discutir as tendências gerais e os processos de transformação ocorrendo na unidade, suas consequências ecológicas e de conservação.

Histórico dos estudos na área

Ao longo das quase quatro décadas desde o seu estabelecimento, a REP tem sido estudada intensamente em termos florísticos. Já foram identificadas 1186 espécies de plantas, distribuídas em 510 gêneros e 127 famílias (P.O. Rosa, J. Nakajima e R. Romero, dados não publicados). Esta flora inclui principalmente espécies de Cerrado, mas as formações florestais e até áreas de veredas contribuem bastante para tal diversidade. Ao longo das últimas décadas, a distribuição das formações vegetais na área parece ter mudado consideravelmente, com a redução das áreas de formações abertas e a ampliação das áreas florestais ou de cerrados mais densos¹⁷. Apesar das queimadas não terem sido impedidas de todo na área, os cuidados de aceiros e monitoramento reduziram a incidência do fogo e talvez expliquem, pelo menos em parte, o adensamento da vegetação lenhosa (woody plant encroachment - WPE) de uma maneira geral. Estas mudanças, associadas a um processo de encroachment lenhoso, têm afetado até mesmo as áreas de veredas, e provavelmente podem ter um impacto sobre a diversidade florística, especialmente das plantas herbáceas associadas às formações abertas de Cerrado e adaptadas a regimes de queimadas mais regulares¹⁸. Tais mudanças fisionômicas e possivelmente florísticas, certamente estão tendo um impacto sobre as interações e os serviços de polinização¹⁶.

Desde o seu estabelecimento, a REP tem sido utilizada para estudos sobre polinização e interações animal-planta de maneira geral. Os primeiros estudos tentaram estabelecer as relações entre abelhas e plantas na área como um todo^{19,20}. Estes estudos centrados nas abelhas foram seguidos por outros estudos focados nas plantas. Inicialmente, foram realizados estudos pontuais, como os estudos da polinização

e sistemas de reprodução da *Eriotheca gracilipes* (Malvaceae – Bombacoideae), a paineira-do-campo²¹, e de espécies da família Vochysiaceae^{22,23}. Mas o estudo mais amplo foi feito a partir de 1992, incluindo todas as espécies florescendo numa área de campo cerrado, seus polinizadores e sistemas de reprodução²⁴. Este estudo abrangeu 204 espécies, principalmente herbáceas e arbustivas, de 47 famílias botânicas, e foi publicado parcialmente apenas quase 15 anos depois¹⁰. Nas duas décadas seguintes, os estudos subsequentes incluíram outros grupos de plantas e polinizadores, mostrando frequentemente a dependência das plantas em relação aos polinizadores bióticos, bem como a predominância das abelhas como os principais visitantes florais e polinizadores da área. Apesar dessa dominância das abelhas, outros grupos de polinizadores como mariposas e beija-flores, foram estudados em detalhe^{13,25} e mostraram que a área retém uma grande diversidade de polinizadores que corresponde à diversidade florística estudada.

No final dessas duas décadas de estudos, alguns trabalhos buscaram acompanhar as modificações na diversidade desses sistemas de polinização e relacioná-las com as mudanças florísticas e os esforços de conservação em curso na REP. A ideia por trás desses estudos era que a conservação da área poderia levar ao estabelecimento de sistemas de polinização mais especializados. Um retrospecto histórico dos estudos sobre polinização e reprodução de plantas da REP, em conjunto com estes estudos analíticos mais recentes, permitem ter um cenário geral da diversidade de sistemas de reprodução, da organização de tais sistemas e das perspectivas de conservação e manutenção sustentável dos serviços de polinização na área e na região.

Diversidade dos sistemas de polinização na REP

A diversidade de sistemas de polinização e reprodução na Reserva Ecológica do Panga é semelhante à encontrada para outras áreas de Cerrado. Talvez o grande diferencial da área da REP é que os estudos focaram tanto nas plantas lenhosas, estudadas comumente em outras áreas de Cerrado^{9,26}, mas também no componente herbáceo subarbustivo. De forma geral, os estudos mostraram que, como em outras áreas de Cerrado, as plantas são dependentes de polinização para completar o processo reprodutivo. A apomixia autônoma (reprodução assexuada), ou autogamia (autofecundação) são relativamente raras¹⁰, apesar de serem potencialmente importantes^{27,28}.

Estudos em áreas florestais e não florestais da REP mostram que a maioria das espécies lenhosas são alógamas/xenógamas obrigatórias, isto é, a fertilização ocorre apenas através da polinização cruzada e geralmente são caracterizadas por apresentar dioicidia ou mecanismos de autoincompatibilidade²⁹. Mas a alogamia obrigatória é menos frequente entre as plantas herbáceas, comumente autocompatíveis ou monoicas (Figura 1).

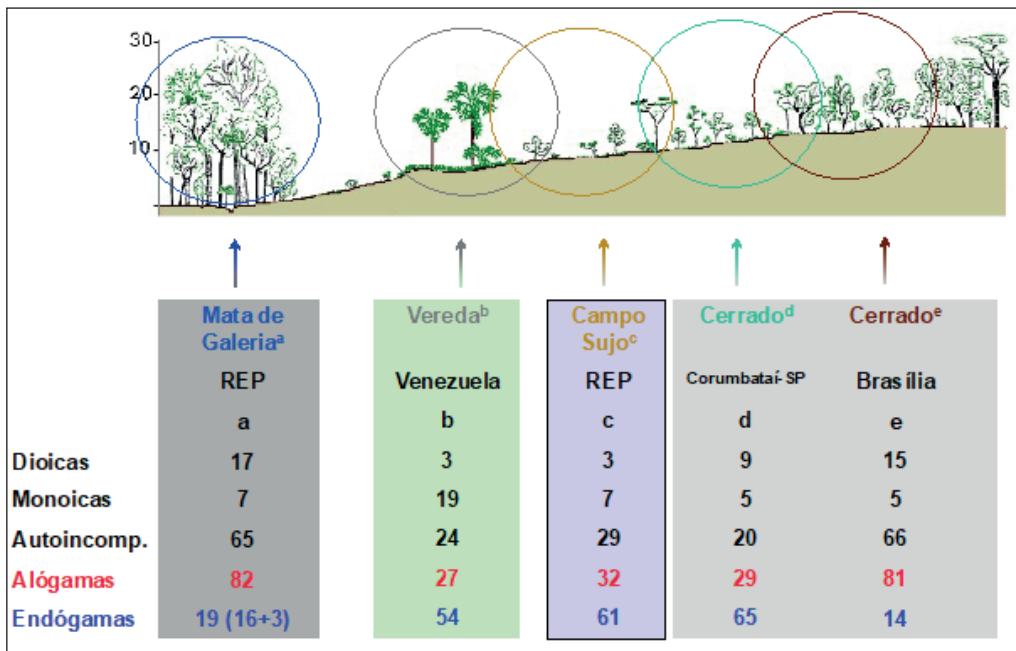


Figura 1. Frequência dos sistemas de reprodução em diferentes formações de Cerrado do Brasil Central (%). Espécies de plantas alógamas são a soma das espécies dioicas e autoincompatíveis. Endógamas compreendem as plantas autocompatíveis, autógamas ou apomíticas. Dados para veredas de *Mauritia flexuosa* de savanas Venezuelanas e outros estudos em formações de Cerrado são incluídos a título de comparação. Fontes: a) Oliveira & Paula 2001 para Matas de galeria do REP; b) Ramirez & Brito 1990 para Veredas da Venezuela; c) Barbosa & Sazima 2008 para uma área de campo sujo na Reserva Ecológica do Panga (REP); d) Saraiva *et al.* 1996 para um cerrado *sensu stricto* em Corumbataí-SP; e) Oliveira & Gibbs 2000 para um cerrado *sensu stricto* em Brasília. Redesenhado e ajustado de Oliveira & Gibbs 2002⁸.

Mesmos as plantas herbáceas raramente são autógamas ou apomíticas autônomas, e dependem, pelo menos parcialmente, da polinização biótica para a reprodução sexuada. Por exemplo, apesar de espécies de gramíneas serem comumente polinizadas pelo vento, até mesmo essas plantas tipicamente anemófilas podem ter a polinização otimizada pela visita de insetos³⁰. Outras plantas herbáceas também têm estruturas florais aparentemente associadas à anemofilia, mas estudos recentes indicam que dependem de formigas e outros insetos para o processo reprodutivo³¹.

Abelhas

A maioria das espécies de plantas do Cerrado, tanto herbáceas como lenhosas, são visitadas e polinizadas por abelhas⁸. A REP abriga uma grande diversidade de abelhas que proveem serviços de polinização para muitas espécies de plantas e, por sua vez, dependem dos recursos florais para alimentação, reprodução e/ou construção de ninhos^{20,32}. As abelhas visitam plantas indistintamente quanto ao habitat ou ao estrato da vegetação e buscam recursos florais distintos, tais como pólen, néctar, perfumes e óleos. Tradicionalmente, os estudos de polinização por abelhas na região neotropical têm separado estes visitantes florais em dois grupos básicos³³: as abelhas pequenas (até 1,5 cm de comprimento do corpo) e abelhas médias e grandes (maiores que 1,5 cm).

Estes dois grupos comumente refletem comportamentos de forrageamento distintos, sendo que as abelhas pequenas são comumente sociais e apresentam mecanismos de recrutamento, enquanto abelhas médias e grandes são comumente solitárias e não apresentam recrutamento³³. Estas diferenças têm impacto na utilização de recursos florais e podem estar ligadas a diferenças fenológicas entre as plantas utilizadas. A abelha exótica *Apis mellifera* e outras abelhas sociais conseguem utilizar plantas que florescem massivamente e por um período relativamente curto (e.g. *Myrcia tomentosa*³⁴) enquanto as abelhas solitárias estão associadas a recursos florais oferecidos de maneira mais estável e por períodos mais longos³⁵. Independentemente do tamanho ou comportamento de forrageamento, as abelhas podem procurar e utilizar diferentes tipos de recursos florais. Flores de pólen, óleo ou até perfume ocorrem na REP, mas o néctar é o principal recurso floral oferecido pelas plantas na área^{10,20}. As flores procuradas pelas abelhas variam muito em termos de morfologia e coloração, sendo que as abelhas também são capazes de explorar flores associadas a outros tipos de polinizadores.

Mariposas

Além das abelhas, um outro grupo de insetos polinizadores estudados intensamente na área da REP foram as mariposas, especialmente aquelas da família Sphingidae, i.e, os esfingídeos. Armadilhas luminosas foram utilizadas para atrair mariposas noturnas e análises polínicas indicaram as espécies de plantas visitadas e possivelmente polinizadas por estes insetos^{13,36,37}. Apesar da polinização por mariposas ser frequentemente menos previsível e eficiente que a polinização por abelhas, os estudos para plantas de Cerrado indicam que as mariposas são polinizadoras de plantas muito comuns na região e amplamente distribuídas por todo o Cerrado³⁸. A REP apresentou uma riqueza de esfingídeos comparável a áreas de florestas Neotropicais, como Amazônia e Mata Atlântica, abrigando espécies representantes de diferentes biomas na América do Sul. Os esfingídeos são polinizadores importantes e exclusivos de espécies com tubo floral longo, mas podem contribuir para a polinização de espécies polinizadas por outros grupos, tais como abelhas, morcegos e beija-flores^{36,39}.

Morcegos

Morcegos nectarívoros e visitantes florais foram menos estudados no Panga, mas a área abriga espécies tipicamente polinizadas por morcegos, como o pequi e o jatobá, que foram estudadas em detalhe em outras áreas de Cerrado⁴⁰. Morcegos nectarívoros visitam tanto plantas arbóreas, como pequenos arbustos do gênero *Bauhinia*¹⁰. Na verdade, estas espécies de *Bauhinia*, com estrutura floral zigomorfa e ausência de pontos onde os morcegos possam se apoiar, exigem a visita de morcegos com a capacidade de adejar diante das flores, como *Glossophaga soricina* e *Anoura caudifer*, comumente observados na REP⁴¹. Estes morcegos são também capazes de visitar árvores no dossel das matas de galeria da área. Estruturas de andaimes montadas na primeira década dos anos 2000 permitiram acesso às copas de árvores de mais de 25 metros de jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril*), bem como a observação de morcegos e mariposas visitando ativamente estas flores. Estas árvores e arbustos polinizadas por morcegos produzem copiosas quantidades de néctar ao longo da noite⁴⁰, mas frequentemente

continuam produzindo ou retendo o néctar durante parte do dia e atraem visitantes diurnos como abelhas e aves (e.g. *Caryocar brasiliense*⁴²).

Beija-flores e outras aves

Aves podem consumir néctar de maneira oportunística ou até mesmo se alimentar de flores (florivoria)⁴³. Mas aves Passeriformes são polinizadoras específicas de algumas espécies de plantas no Cerrado. Na área da REP eles são os principais polinizadores de *Hortia brasiliana* (revisado para *H. oreadica*⁴⁴) um arbusto com inflorescências umbeliformes que atraem aves que pousam para se alimentar de néctar e aparentemente transportam pólen no bico e nas pernas⁴⁵. Entretanto, os beija-flores são as aves visitantes florais mais especializadas na região neotropical e muito importantes na área da REP. Vários estudos abordaram estes sistemas de polinização, desde espécies ornitófilas isoladas (e.g. *Cuphea melvilla*⁴⁶), até o uso de recursos florais pela guilda de beija-flores nas várias formações vegetais da REP^{35,47}. Beija-flores utilizam recursos florais em áreas abertas e em áreas florestais, e visitam tanto plantas ornitófilas especializadas, quanto outras plantas que oferecem néctar como recursos, mas que são especializadas na polinização por outros vetores^{12,25}.

Besouros

Além dos grupos de polinizadores descritos, besouros também já foram descritos como polinizadores de plantas na REP. Besouros da subfamília Dinastinae são polinizadores emblemáticos de espécies de plantas da família Annonaceae em áreas não florestais, especialmente de espécies de Araticum (*Annona crassiflora* e *A. coriacea*) que são muito comuns na REP^{48,49}. Outras Annonaceae, como espécies dos gêneros *Duguetia*, *Xylopia* e *Rollinia* são polinizadas por besouros menores e de grupos variados^{50,51}. Surpreendentemente, uma espécie de Annonaceae ocorrente na REP, *Unonopsis guaterioides*, apresenta um sistema de polinização diferente, sendo polinizada por abelhas pequenas⁵². Aparentemente, este gênero é adaptado à polinização por abelhas, apesar de que grupos diferentes desses insetos parecem visitar as plantas no Cerrado e na Amazônia, provavelmente atraídos por compostos voláteis diferentes daqueles que tipicamente atraem os besouros⁵³.

Vespas, moscas e outros insetos

O odor também é o principal atrativo para moscas e vespas, que são visitantes comuns na área da REP. Estes animais são atraídos por flores pequenas e que comumente são visitadas também por pequenas abelhas. Espécies como *Casearia grandiflora* e *C. sylvestris* são polinizadas principalmente por moscas da família Syrphidae, mas também atraem pequenos meliponíneos^{10,54} (i.e. abelhas sem ferrão). Estes insetos pequenos procuram nestas plantas pelo néctar, recurso comumente produzido em quantidade diminuta nestas espécies, e pólen, tanto em áreas abertas (*C. sylvestris*) como em áreas de borda e sub-bosque de florestas (*C. grandiflora*). Espécies do gênero *Piper* são comuns em áreas de floresta e suas inflorescências com centenas de pequenas flores são visitadas e polinizadas por diversos grupos de moscas^{10,55,56}. Espécies de

Erythroxylum também ocorrem em áreas de cerrado e floresta na REP e têm suas flores pequenas visitadas e polinizadas por vespas, pequenas mariposas, e outros insetos de pequeno porte que buscam o néctar produzido⁵⁷. Uma planta comum na REP, *Matayba guianensis* (Sapindaceae), é talvez a planta que atrai a maior diversidade de visitantes e polinizadores entre todas as espécies estudadas na região. Esta arvoreta muito comum em cerrados abertos tem flores poligamodioicas (flores estaminadas, pistiladas e hermafroditas num mesmo indivíduo) que produzem pouco ou nenhum néctar, mas que atraem mais de duzentas espécies de visitantes florais, dentre as quais pelo menos 110 espécies são abelhas⁵⁸.

Pequenos insetos, especialmente moscas e besouros, mas também vespas, micro-himenópteros, bem como tripes (Thysanoptera), podem ser visitantes florais e polinizadores de espécies na REP, como *Neea theifera* (Nyctaginaceae)⁵⁹. A dificuldade de identificar tais insetos e até mesmo verificar sua atuação como polinizadores faz com que estes sistemas de polinização sejam menos estudados. Mas espécies de *Ficus* e *Lacistema*, dentre outras plantas de sub-bosque de florestas são visitadas e polinizadas por insetos muito pequenos (menores que 0,5 cm).

A polinização por insetos muito pequenos é comum em florestas tropicais, mas comumente exige mecanismos para assegurar o fluxo de pólen entre plantas diferentes e evitando problemas de endogamia. Talvez por isso, a dioicia, presença de indivíduos com flores unissexuadas⁶⁰, é comum em plantas polinizadas por insetos muito pequenos. A dioicia aparece em grupos típicos da região, como as palmeiras buriti (*Mauritia flexuosa*; Arecaceae) e garante um fluxo de pólen entre indivíduos diferentes. A polinização por insetos muito pequenos (e a dioicia) é mais comum em áreas de florestas, como as matas de galeria na REP, do que em áreas abertas de cerrado, onde a sobrevivência destes pequenos insetos é menos favorecida pelas condições ambientais^{29,61}.

Diversidade e importância relativa dos sistemas de polinização

Uma estimativa geral da diversidade de sistemas de polinização para uma área da REP foi publicada recentemente⁶² e mostra a dominância da polinização por abelhas pequenas ou médias (22%) e abelhas grandes (25%). Vespas também são os principais polinizadores de ca. 5% das plantas na área. Muitas espécies são polinizadas pelo vento (8%) ou por insetos muito pequenos (10%). Beija-flores são polinizadores de ca. 3% das espécies na área, enquanto mariposas, morcegos e moscas polinizam ca. 2% das espécies, respectivamente. Besouros são polinizadores de ca. 1% das espécies. Outros sistemas de polinização ocorrem de maneira pontual, como a polinização por mamíferos não voadores em espécies de paineira (*Pseudobombax*) comuns na área da REP (Figura 2).

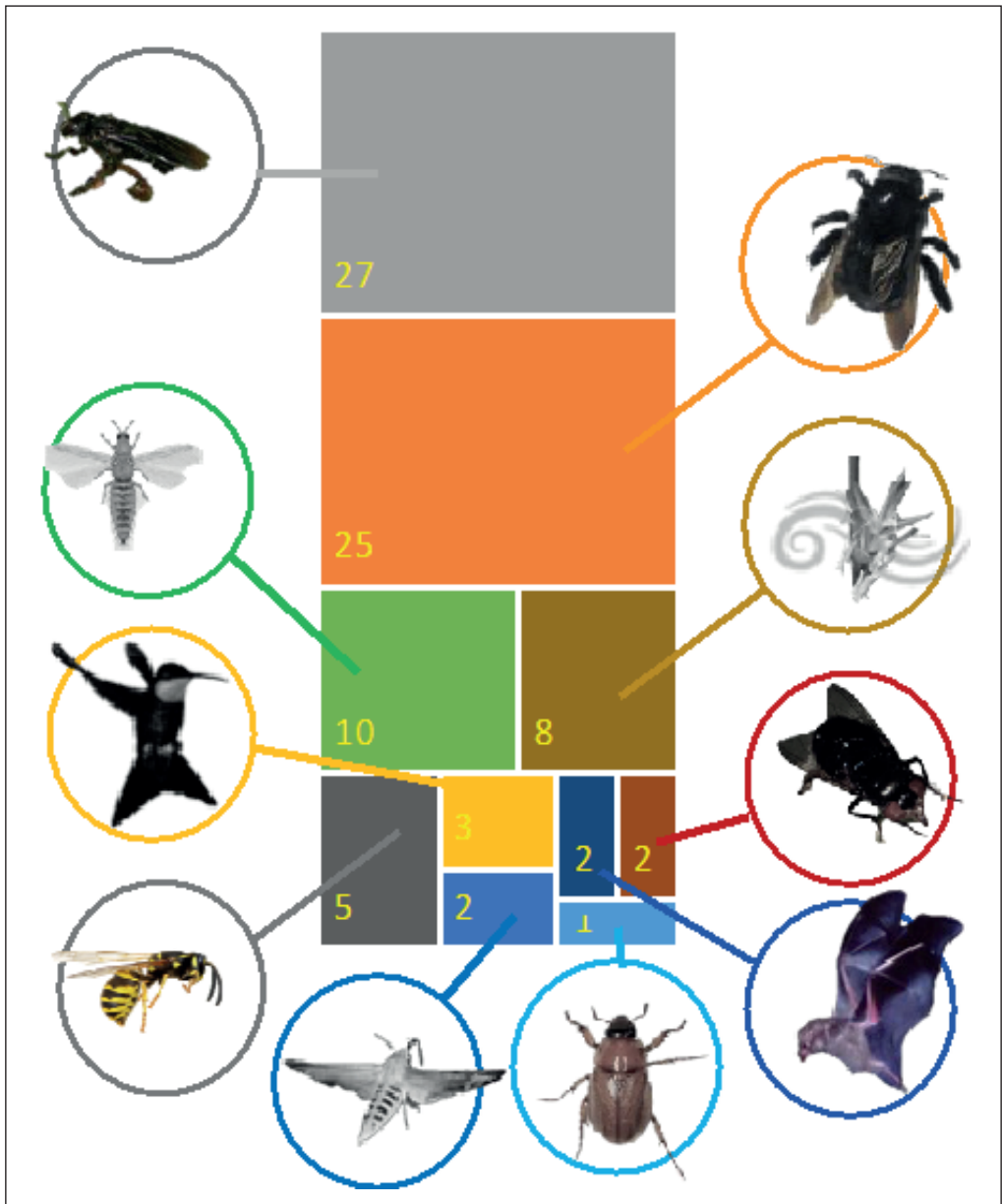


Figura 2. Frequência relativa dos sistemas de polinização em plantas de um campo cerrado da Reserva Ecológica do Panga. Em sentido horário e do alto para base, a maioria das plantas são polinizadas por abelhas pequenas e médias (27%) ou abelhas grandes (25%). Muitas plantas como Gramíneas e outras plantas herbáceas são total ou parcialmente polinizadas pelo vento (8%). Moscas de vários grupos compartilham a polinização de muitas plantas com abelhas pequenas e vespas (2%). Morcegos são importantes polinizadores noturnos (2%). Besouros, especialmente *Cyclocephala* spp. (Scarabeidae-Dynastinae) são polinizadores de vários grupos de plantas (1%). Mariposas da família Sphingidae são polinizadores noturnos de várias espécies (2%) de Cerrado e os principais polinizadores do pau-terra-grande (*Qualea grandiflora*), a árvore mais bem distribuída nos Cerrados brasileiros e comum na REP. Vespas são polinizadores não especializados encontrados em 5% das espécies de campo cerrado. Beija-flores são polinizadores especializados procurando exclusivamente néctar nas flores (3%) Algumas plantas de cerrados são polinizadas por pequenos insetos, como tripes, e até formigas (8%). Modificado de Cardoso *et al.* 2020.

Distribuição espacial, fenologia e complementaridade no uso de habitats

A diversidade de sistemas de polinização varia entre as fisionomias de vegetação dentro da REP. Como mencionado, áreas de sub-bosque de florestas parecem apresentar um grande número de espécies polinizadas por pequenos insetos, enquanto plantas polinizadas por abelhas, beija-flores, morcegos e mesmo por esfingídeos aparecem em diferentes áreas ou formações vegetais. Espécies vicariantes, plantas próximas filogeneticamente mas adaptadas a ambientes distintos, oferecem recursos florais até certo ponto semelhantes e devem constituir um contínuo para estes visitantes florais mais ágeis⁸. Um exemplo é a ocorrência de espécies de jatobá nos cerrados e matas da REP (*Hymenaea stigonocarpa* e *H. courbaril*). Estas plantas produzem néctar abundante e atraem os mesmos tipos de morcegos, apesar de florescerem em épocas diferentes do ano⁴⁰. Um estudo com beija-flores e suas plantas na área da REP mostrou a ocorrência de uma diversidade diferente de plantas entre fisionomias, o que implica que estas aves podem encontrar recursos florais tanto em áreas abertas de cerrado como em ambientes florestais contíguos^{35,47}. Um estudo publicado recentemente mostrou que, mesmo em áreas de cerrado abertos, existe uma estratificação na oferta de recursos florais, com predominância de néctar no componente arbóreo, enquanto pólen e óleo predominam nos componentes de lianas e herbáceo³². Os dados provenientes de diferentes estudos sugerem que recursos florais podem ser disponibilizados de maneira complementar entre áreas e estratos, gerando complementariedade na paisagem de Cerrado que caracteriza a REP⁶².

Além da variação no espaço, os recursos florais também variam no tempo. Os ambientes de Cerrado são marcadamente sazonais, com uma longa estação seca e chuvas concentradas no verão. As áreas de florestas e veredas, no entanto, ocorrem sobre solos hidromórficos ou próximos de córregos, onde a disponibilidade de água é mais ou menos contínua. Além disso, mesmo em cerrados abertos, plantas lenhosas frequentemente apresentam sistemas radiculares capazes de utilizar água em camadas mais profundas do solo, que estão disponíveis durante todo o ano⁷. Se por um lado isto implica que sempre há plantas florescendo numa área de cerrado como a REP, por outro lado existe uma variação temporal na oferta de recursos florais entre ambientes diferentes dentro da área (e entre estratos). Esta variação temporal na oferta de recursos florais entre diferentes ambientes permite que os visitantes florais utilizem as diferentes formações na REP de maneira complementar e, possivelmente, aumentem a capacidade de suporte e as possibilidades de persistência dos polinizadores na região^{25,32,47}.

Redes de interações e estruturação de comunidades

O conjunto dos estudos sobre interações plantas-polinizadores na REP permite a construção de uma meta-rede ampla. A rede resultante inclui todas as interações par a par entre plantas e polinizadores já descritas para a área e uma visão ampla da estrutura geral e compartimentalização dessas interações na REP⁶². Estas análises ainda estão em andamento, mas os resultados obtidos até o momento indicam que a compartimentalização não é completa e que algumas plantas e animais funcionam

como conectores (hubs), até certo ponto conectando sistemas de polinização distintas. Chamou a atenção que as plantas de antese noturna, apesar de menos diversas, parecem apresentar uma importância maior como conectoras. O pequi (*Caryocar brasiliensis*) é o maior exemplo desses conectores entre os períodos diurnos e noturnos. Esta planta emblemática dos Cerrados brasileiros e comum na REP é polinizada principalmente por morcegos nectarívoros e esfingídeos durante a noite, mas é também visitada por abelhas grandes e beija-flores durante o dia. As flores do pequi devem contribuir com recursos florais para a manutenção de diferentes grupos de polinizadores na área e possivelmente na continuidade dos serviços de polinização para muitas outras plantas da REP⁶⁵.

Outras plantas noturnas como, por exemplo, *Inga vera* podem ser outros conectores importantes. *Inga vera* e outras espécies de *Inga* florescem por longos períodos e atraem uma grande diversidade de visitantes diurnos e noturnos^{63,64}. Abelhas, beija-flores, morcegos e mariposas visitam essas espécies em uma frequência muito elevada. Mariposas e abelhas grandes, por outro lado, visitam plantas com antese crepuscular, e são conectores potencialmente importantes ligando guildas de plantas noturnas e diurnas. Mas a maioria dos estudos no Panga foram centrados nas plantas (a única abordagem centrada nos animais foi a de mariposas), e isto deve causar um viés muito importante na estrutura da rede, e talvez diminua a relevância dos vetores como elementos importantes para o funcionamento do ecossistema⁶⁵. Além disso, estas plantas e vetores capazes de conectar os diferentes sistemas de polinização, de outra maneira compartimentalizados, podem ter importância para o fluxo de patógenos e até para a diversidade da fauna microbiana presente no néctar e em outras estruturas florais⁶⁶.

Mudanças ecológicas e florísticas e polinização.

As mudanças em curso na REP nas quase quatro décadas após seu estabelecimento e da adoção de medidas de conservação têm resultado em mudanças fisionômicas e possivelmente florísticas. O adensamento lenhoso (WPE) tem reduzido as áreas de formações abertas na REP e uma área em particular foi acompanhada para entender o impacto de tais mudanças sobre os sistemas de polinização. Uma área de campo sujo estudada em detalhe ainda na década de 1990²⁴ deu lugar, duas décadas depois, a um campo cerrado mais denso em plantas lenhosas e floristicamente diferente. Uma comparação entre os sistemas de polinização ocorrentes nas duas áreas mostrou algumas mudanças marcadas¹⁶. Em ambos os períodos houve uma predominância da polinização por abelhas, mas o adensamento lenhoso parece ter levado a um aumento da diversidade geral dos sistemas de polinização e, mais especificamente, a um aumento das plantas polinizadas por mariposas. Mas ao contrário do que tinha sido previsto, as mudanças florísticas não levaram a uma tendência marcada de especialização dos sistemas de polinização.

Discussão Geral

Quase três décadas de estudos sobre os sistemas de polinização e reprodução de plantas na Reserva Ecológica do Panga permitem uma visão específica para a área e conhecimentos sobre estes processos no Cerrado de uma maneira geral. Apesar de ser uma área relativamente pequena, os ca. 400 ha da REP abrigam uma grande diversidade

de plantas, de sistemas de polinização e reprodução, bem como de polinizadores, constituindo um bom exemplo do que já foi descrito para outras áreas de Cerrado. A existência de plantas em floração ao longo de todo ano e de uma complementaridade entre as diferentes formações vegetais presentes na reserva permitem a manutenção e sobrevivência de uma grande diversidade de polinizadores residentes. Apesar da dominância das abelhas como os principais visitantes florais e polinizadores, outros grupos de animais estão bem representados e contribuem para o sucesso reprodutivo de algumas plantas muito especializadas, como é o caso de *Tocoyena formosa* e *Schubertia gradiflora*, por exemplo, que são exclusivamente dependentes de espécies de esfingídeos com probóscide longa para a sua reprodução^{36,67}.

As interações entre plantas e polinizadores na REP estão organizadas em guildas com maior ou menor grau de especialização. Esta organização em guildas e a diversidade de sistemas de polinização podem estar ligadas aos próprios padrões de diversidade no bioma Cerrado como um todo⁶⁸. Os estudos florísticos têm mostrado que apesar das fisionomias de vegetação serem estruturalmente semelhantes na região, existem poucas espécies de plantas amplamente distribuídas. Mesmo para as plantas lenhosas, aparentemente um terço das espécies de cerrado têm distribuição restrita, ocorrendo num único local em todo o bioma^{69,70}. Padrões semelhantes de diversidade beta também parecem ocorrer para plantas herbáceas⁷¹. Por outro lado, espécies de insetos e outros animais polinizadores são amplamente distribuídos no Cerrado e inclusive em outras formações vegetais vizinhas^{13,72,73}. O contínuo das formações de Cerrado no Brasil central requer que as plantas estejam adaptadas a diferentes tipos de polinizadores e estes por sua vez devem estar preparados para utilizar diferentes tipos de recursos florais. Dessa maneira, ao contrário de áreas de campos rupestres, onde o endemismo e as relações especializadas de polinização parecem ser a norma^{74,75}, em áreas de Cerrado como a REP, os sistemas de polinização são caracterizados por guildas de plantas e de polinizadores. Tais sistemas menos especializados podem resultar em uma redundância nas interrelações, assim como em uma resiliência desses sistemas frente às mudanças naturais ou interpostas pelo homem. Isto explica a ausência de processos de especialização, com algumas exceções (e.g. Orchidaceae⁷⁸), ou mesmo em mudanças marcadas nos sistemas de polinização e reprodução frente às mudanças florísticas e estruturais em curso na REP nas últimas três décadas¹⁶.

Entretanto, estas características de redundância e resiliência não tornam estes sistemas imunes ao processo de antropização e deterioração em curso nos ambientes de Cerrado¹⁴. Somadas, as mudanças climáticas globais, as perdas de espécies e as modificações no bioma Cerrado podem levar a perda de recursos florais para a manutenção de populações residentes de polinizadores. Estes efeitos populacionais podem afetar a regeneração natural de plantas e até mesmo o uso sustentável dos serviços de polinização em agroecossistemas vizinhos⁷². Estimativas na oferta de néctar pelas flores para beija-flores nas áreas da REP indicam que elas raramente são capazes de prover a energia necessária para um indivíduo por hectare^{25,47}, exigindo movimentos e uso complementar das fisionomias de vegetação. Estas áreas naturais provêm recursos florais para mamangavas (*Xylocopa* spp.) que são os principais polinizadores dos plantios de maracujá no entorno da REP. Apesar dos dados ainda indicarem a existência de populações ativas dessas abelhas na região^{76,77}, os nossos estudos indicam que uma única área raramente tem recursos para manter abelhas residentes que requerem

recursos florais ao longo de todo o ano⁶². Dessa maneira, áreas de preservação como a REP não somente provêm recursos florais para a manutenção da diversidade de animais polinizadores, mas garantem a sustentabilidade dos serviços de polinização necessários para agroecossistemas no entorno dessas unidades.

Dessa maneira, as interações plantas-polinizadores estudadas em detalhe na REP representam um exemplo vivo e funcional da interdependência de plantas, animais e mesmo das atividades humanas. A conservação dessa área, infelizmente cada vez mais isolada em processo de transformação, será vital para a preservação da diversidade funcional e dos serviços ambientais na região.

Referências

- ¹ Ollerton, J., Winfree, R. & Tarrant, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* **120**, 321–326 (2011).
- ² Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E. & Machado, I. C. *Biologia da polinização*. (Projecto Cultural Rio de Janeiro, 2014).
- ³ Moreira-Hernández, J. I. & Muchhala, N. Importance of pollinator-mediated interspecific pollen transfer for angiosperm evolution. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **50**, 191–217 (2019).
- ⁴ Asar, Y., Ho, S. & Sauquet, H. Early diversifications of angiosperms and their insect pollinators: Were they unlinked? *Trends Plant Sci.* **27**, 858–869 (2022).
- ⁵ Oliveira, P. E. & Rech, A. R. Floral biology and pollination in Brazil: history and possibilities. *Acta Bot. Bras.* **32**, 321–328 (2018).
- ⁶ Gomes, L., Miranda, H. S. & da Cunha Bustamante, M. M. How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? *For. Ecol. Manag.* **417**, 281–290 (2018).
- ⁷ Oliveira, PEAM; Paula, F. Fenologia e biologia reprodutiva de espécies do Cerrado in *Cerrado: ecologia e flora* 273–290 (2008).
- ⁸ Oliveira, P. E. & Gibbs, P. E. Pollination and Reproductive Biology in Cerrado Plant Communities in *The cerrados of Brazil* (eds) 329–348 (Columbia University Press, 2002).
- ⁹ Oliveira, P. E. & Gibbs, P. E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. *Flora* **195**, 311–329 (2000).
- ¹⁰ Barbosa, A. A. A. & Sazima, M. Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de campo sujo de cerrado. *Cerrado: ecologia e flora* **1**, 291–318 (2008).
- ¹¹ Rabeling, S. C. *et al.* Seasonal variation of a plant-pollinator network in the Brazilian Cerrado: Implications for community structure and robustness. *PloS one* **14**, e0224997 (2019).
- ¹² Maruyama, P. K., Vizentin-Bugoni, J., Oliveira, G. M., Oliveira, P. E. & Dalsgaard, B. Morphological and spatio-temporal mismatches shape a neotropical savanna plant-hummingbird network. *Biotropica* **46**, 740–747 (2014).

- ¹³ Amorim, F. W., Ávila Jr, R. S., Camargo, A. J. A., Vieira, A. L. & Oliveira, P. E. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. *J. Biogeogr.* **36**, 662–674 (2009).
- ¹⁴ Strassburg, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology Evolut.* **1**, 0099 (2017).
- ¹⁵ Schiavini, I. & Araújo, G. M. Considerações sobre a vegetação na Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade & Natureza.* **1**, 61–66
- ¹⁶ Deus, F. F. & Oliveira, P. E. Changes in floristic composition and pollination systems in a “Cerrado” community after 20 years of fire suppression. *Braz. J. Bot.* **39**, 1051–1063 (2016).
- ¹⁷ Gonçalves, R. V. S., Cardoso, J. C. F., Oliveira, P. E. & Oliveira, D. C. Changes in the Cerrado vegetation structure: insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecol.* **21**, 55–64 (2021).
- ¹⁸ Abreu, R. C. R. *et al.* The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. *Sci. Adv.* **3**, e1701284 (2017).
- ¹⁹ Carvalho, A. M. C. & Bego, L. R. Studies of Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* **40**, 147–156 (1996).
- ²⁰ Coelho Carvalho, A. M. & Bego, L. R. Exploitation of available resources by bee fauna (Apoidea-Hymenoptera) in the Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, state of Minas Gerais, Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* **41**, 101–107 (1997).
- ²¹ Oliveira, P. E., Gibbs, P. E., Barbosa, A. A. & Talavera, S. Contrasting breeding systems in two *Eriotheca* (Bombacaceae) species of the Brazilian cerrados. *Plant Syst. Evol.* **179**, 207–219 (1992).
- ²² Oliveira, P. E. Floral biology of *Salvertia convallariodora* (Vochysiaceae): a cerrado species pollinated by the hawk moth. *Revista Brasileira de Botânica* **19**, 49–53 (1996).
- ²³ Santos, M. L., Afonso, A. de P. & Oliveira, P. E. Biologia floral de *Vochysia cinnamomea* Pohl (Vochysiaceae) em cerrados do Triângulo Mineiro, MG. *Braz. J. Bot.* **20**, 127–132 (1997).
- ²⁴ Barbosa, A. A. A. *Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia/MG.* (1997).
- ²⁵ Maruyama, P. K., Oliveira, G. M., Ferreira, C., Dalsgaard, B. & Oliveira, P. E. Pollination syndromes ignored: importance of non-ornithophilous flowers to Neotropical savanna hummingbirds. *Naturwissenschaften* **100**, 1061–1068 (2013).
- ²⁶ Saraiva, L. C., Cesar, O. & Monteiro, R. Breeding systems of shrubs and trees of a Brazilian savanna. *Arquiv. Biol. Tecnol.* **39**, 751–763 (1996).
- ²⁷ Dias, A. C. C. *et al.* Unexpectedly high genetic diversity and divergence among populations of the apomictic Neotropical tree *Miconia albicans*. *Plant Biol.* **20**, 244–251 (2018).

- ²⁸ Dias, A. C. C., Marinho, R. C., Sampaio, D. S., Bonetti, A. & Oliveira, P. E. Clone worth? Genetic diversity in obligate apomictic *Miconia albicans* (Melastomataceae). *Plant Biol.* (2021).
- ²⁹ Oliveira, P. E. Fenologia e biologia reprodutiva de plantas de matas de galeria in *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria* Vol.1 (eds. Ribeiro, J. F., Fonseca, C. E. L., Souza-Silva, J. C.) 303–332 (Embrapa-CPAC, 2001).
- ³⁰ Guilherme, F. A. G. & Ressel, K. Biologia floral e sistema de reprodução de *Merostachys riedeliana* (Poaceae: Bambusoideae). *Braz. J. Bot.* **24**, 205–211 (2001).
- ³¹ Del-Claro, K., Rodriguez-Morales, D., Calixto, E. S., Martins, A. S. & Torezan-Silingardi, H. M. Ant pollination of *Paepalanthus lundii* (Eriocaulaceae) in Brazilian savanna. *Ann. Bot.* **123**, 1159–1165 (2019).
- ³² Silva, C. I., Filho, A. J. S. P., Toppa, R. H., Arena, M. V. N. & de Oliveira, P. E. Seasonal and vertical distribution of floral resources and its implications for the conservation of pollinators. *Flora* **278**, 151787 (2021).
- ³³ Frankie, G. W., Haber, W. A., Opler, P. A. & Bawa, K. S. Characteristics and organization of the large bee pollination system in the Costa Rican dry forest. In: Jones, C. E. & Little, R. (Eds.), *Handbook of Experimental Pollination Biology*, Van Nostrand-Reinhold, New York, 411–447 (1983).
- ³⁴ Torezan-Silingardi, H. M. & Oliveira, P. Phenology and reproductive ecology of *Myrcia rostrata* and *M. tomentosa* (Myrtaceae) in Central Brazil. *Phyton* **44**, 23–43 (2004).
- ³⁵ de Araújo, F. P., Hoffmann, D., Dambolena, J. S., Galetto, L. & Sazima, M. Nectar characteristics of hummingbird-visited ornithophilous and non-ornithophilous flowers from Cerrado, Brazil. *Plant Syst. Evol.* **307**, 1–10 (2021).
- ³⁶ Sazatornil, F. D. *et al.* Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks. *J. Anim. Ecol.* **85**, 1586–1594 (2016).
- ³⁷ Johnson, S. D. *et al.* The long and the short of it: a global analysis of hawkmoth pollination niches and interaction networks. *Func. Ecol.* **31**, 101–115 (2017).
- ³⁸ Oliveira, P. E., Gibbs, P. E. & Barbosa, A. A. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? *Plant Syst. Evol.* **245**, 41–54 (2004).
- ³⁹ Queiroz, J. A. *et al.* Bats and hawkmoths form mixed modules with flowering plants in a nocturnal interaction network. *Biotropica* **53**, 596–607 (2021).
- ⁴⁰ Bobrowiec, P. E. D. & Oliveira, P. E. Removal Effects on Nectar Production in Bat-pollinated Flowers of the Brazilian Cerrado. *Biotropica* **44**, 1–5 (2012).
- ⁴¹ Pedro, W. A. & Taddei, V. A. Temporal distribution of five bat species (Chiroptera, Phyllostomidae) from Panga Reserve, south-eastern Brazil. *Rev. bras. Zool.* **19**, 951–954 (2002).
- ⁴² Melo, C. Diurnal bird visiting of *Caryocar brasiliense* Camb. in central Brazil. *Rev. Bras. Biol.* **61**, 311–316 (2001).

- ⁴³ Franklin, D. C. Opportunistic nectarivory: an annual dry season phenomenon among birds in monsoonal northern Australia. *Emu* **99**, 135–141 (1999).
- ⁴⁴ Groppo, M. & Pirani, J. R. A Revision of *Hortia* (Rutaceae). *Syst. Bot.* **37**, 197–212 (2012).
- ⁴⁵ Barbosa, A. A. A. *Hortia brasiliiana* Vand. (Rutaceae): polinização por aves Passeriformes no cerrado do sudeste brasileiro. *Braz. J. Bot.* **22**, 99–105 (1999).
- ⁴⁶ Melazzo, A. F. de O. & Oliveira, P. E. *Cuphea melvilla* Lindlay (Lythraceae): a Cerrado species pollinated by hummingbirds. *Acta Bot. Bras.* **26**, 281–289 (2012).
- ⁴⁷ Araújo, F. P., Sazima, M. & Oliveira, P. E. The assembly of plants used as nectar sources by hummingbirds in a Cerrado area of Central Brazil. *Plant Syst. Evol.* **299**, 1119–1133 (2013).
- ⁴⁸ Costa, M. S., Silva, R. J., Paulino-Neto, H. F. & Pereira, M. J. B. Beetle pollination and flowering rhythm of *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae) in Brazilian cerrado: Behavioral features of its principal pollinators. *PLoS One* **12**, e0171092 (2017).
- ⁴⁹ Gottsberger, G. Beetle pollination and flowering rhythm of *Annona* spp. (Annonaceae) in Brazil. *Plant Syst. Evol.* **167**, 165–187 (1989).
- ⁵⁰ Neto, P. & Ferreira, H. História natural e interação flores-besouros em espécies de cerrado. (2009).
- ⁵¹ Neto, H. F. P. & Oliveira, P. E. A. M. As anonáceas e os besouros. *CIÊNCIA HOJE* **38**, 59–61 (2006).
- ⁵² Oliveira, P. E. *et al.* Differential pollination modes between distant populations of *Unonopsis guatterioides* (Annonaceae) in Minas Gerais and Amazonas, Brazil. *Flora* **232**, 39–46 (2017).
- ⁵³ Gottsberger, G., Silberbauer-Gottsberger, I., Webber, A. C. & Doetterl, S. Populations of *Unonopsis guatterioides* (Annonaceae) in Amazonas and Minas Gerais, Brazil, potentially represent different species: Floral scent, flower characters and pollinators revisited. *Bioch. Syst. Ecol.* **78**, 17–20 (2018).
- ⁵⁴ Machado, A. de O. & Oliveira, P. E. A. M. Biologia floral e reprodutiva de *Casearia grandiflora* Camb. (Flacourtiaceae). *Braz. J. Bot.* **23**, 283–290 (2000).
- ⁵⁵ Figueiredo, R. A. & Sazima, M. Pollination ecology and resource partitioning in Neotropical Pipers. in *Piper: a model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution* Vol. 1 (ed. Dyer, L. A. & Palmer, A. D. N.) 33–57 (Springer, 2004).
- ⁵⁶ Figueiredo, R. A. & Sazima, M. Pollination biology of Piperaceae species in southeastern Brazil. *Ann. Bot.* **85**, 455–460 (2000).
- ⁵⁷ Matias, R., Pérez-Barrales, R. & Consolaro, H. Patterns of variation in distylous traits and reproductive consequences in *Erythroxylum* species and populations. *Am. J. Bot.* **107**, 910–922 (2020).
- ⁵⁸ Carvalho, A. M. C. & Oliveira, P. E. Estrutura da guilda de abelhas visitantes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) em vegetação do cerrado. *Oecol. Aust.* **14**, 40–66 (2010).

- ⁵⁹ Amorim, F. W., Mendes-Rodrigues, C., Maruyama, P. K. & Oliveira, P. E. Sexual ratio and floral biology of the dioecious *Neea theifera* Oerst.(Nyctaginaceae) in a cerrado rupestre of central Brazil. *Acta Bot. Bras.* **25**, 785–792 (2011).
- ⁶⁰ Cardoso, J.C.F., *et al.* Towards a unified terminology for angiosperm reproductive systems. *Acta Bot. Bras.* **32**, 329–348 (2018).
- ⁶¹ Oliveira, P. E. Dioecy in the cerrado vegetation of Central Brazil. *Flora* **191**, 235–243 (1996).
- ⁶² Cardoso, J. C. F. *et al.* Polinização e reprodução de plantas do Cerrado in *Ecologia e conservação dos cerrados, campos e florestas do Triângulo Mineiro e Sudeste de Goiás* Vol 1. (ed Vasconcelos H.) 257–279 (Uberlândia: Regência e Arte, 2020).
- ⁶³ Amorim, F. W., Galetto, L. & Sazima, M. Beyond the pollination syndrome: nectar ecology and the role of diurnal and nocturnal pollinators in the reproductive success of *Inga sessilis* (Fabaceae). *Plant Biol.* **15**, 317–327 (2013).
- ⁶⁴ Santos, J. C. *et al.* How detrimental are seed galls to their hosts? Plant performance, germination, developmental instability and tolerance to herbivory in *Inga laurina*, a leguminous tree. *Plant Biol.* **18**, 962–972 (2016).
- ⁶⁵ Souza, C. S. *et al.* Plant-centred sampling estimates higher beta diversity of interactions than pollinator-based sampling across habitats. *New Phytol.* **230**, 2501–2512 (2021).
- ⁶⁶ Vega, C. *et al.* The role of plant–pollinator interactions in structuring nectar microbial communities. *J. Ecol.* **109**, 3379–3395 (2021).
- ⁶⁷ Amorim, F. W. Are the New World hummingbird-hawkmoths functional equivalents of hummingbirds? *Ecology* **101**, e03161 (2020).
- ⁶⁸ Colli, G. R., Vieira, C. R. & Dianese, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. *Biodivers. Conserv.* **29**, 1465–1475 (2020).
- ⁶⁹ Ratter, J. A., Bridgewater, S. & Ribeiro, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. *Edinb. J. Bot.* **60**, 57–109 (2003).
- ⁷⁰ Bridgewater, S., Ratter, J. A. & Ribeiro, J. F. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the cerrado biome of Brazil. *Biodivers. Conserv.* **13**, 2295–2317 (2004).
- ⁷¹ Amaral, A. G., Munhoz, C. B. R., Walter, B. M. T., Aguirre-Gutiérrez, J. & Raes, N. Richness pattern and phytogeography of the Cerrado herb–shrub flora and implications for conservation. *J. Veg. Sci.* **28**, 848–858 (2017).
- ⁷² Giannini, T. C. *et al.* Identifying the areas to preserve passion fruit pollination service in Brazilian Tropical Savannas under climate change. *Agric. Ecosyst. Environ.* **171**, 39–46 (2013).
- ⁷³ Machado, A. O. & Oliveira, P. E. Diversidade beta de plantas que oferecem néctar como recurso floral aos beija-flores em cerrados do Brasil Central. *Rodriguésia* **66**, 1–19 (2015).

- ⁷⁴ Silveira, F. A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant and soil* **403**, 129–152 (2016).
- ⁷⁵ Monteiro, B. L. *et al.* Pollination in the campo rupestre: a test of hypothesis for an ancient tropical mountain vegetation. *Biol. J. Linn. Soc.* **133**, 512–530 (2021).
- ⁷⁶ Yamamoto, M., Junqueira, C. N., Barbosa, A. A. A., Augusto, S. C. & Oliveira, P. E. Estimating crop pollinator population using mark–recapture method. *Apidologie* **45**, 205–214 (2014).
- ⁷⁷ Araújo, T. N., Pires, L. P., Meireles, D. A. L. & Augusto, S. C. Individual-resource network between *Xylocopa* bees and plant resources: generalist species, specialist individuals? *Ecol. Entomol.* **46**, 1273–1282 (2021).
- ⁷⁸ Maciel, A. A., Cardoso, J. C., & Oliveira, P. E. On the low reproductive success of two *Cyrtopodium* species (Orchidaceae: Cyrtopodiinae): The relative roles of biotic and abiotic pollination. *Plant Species Biol.* **35**, 49–58. (2020).

CAPÍTULO 10

DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM VEGETAÇÃO DE CERRADO: EFEITO DA HERBIVORIA POR SAÚVAS, DEPOSIÇÃO DE NITROGÊNIO E QUANTIDADE DE SERAPILHEIRA

*Laura Vivian Barbosa Silva
Heraldo L. Vasconcelos
Diogo Fernandes Santiago
Emilio M. Bruna*

Introdução

O fluxo de nutrientes e energia são processos essenciais para o funcionamento e manutenção de ecossistemas terrestres ¹. Em solos pobres em nutrientes, como é o caso de muitos ecossistemas tropicais, a produtividade e a sustentabilidade do sistema dependem da ciclagem interna de nutrientes. A decomposição da serapilheira é a principal via de entrada de nutrientes nesses ecossistemas. Muito da produção primária acima do solo retorna ao solo como serapilheira. A maior parte dela é constituída principalmente de material vegetal como folhas, ramos, caules, flores e frutos sendo o material foliar o mais expressivo em quantidade de nutrientes ². Dessa forma, este processo é fundamental para a contínua ciclagem de nutrientes, pois influencia a fertilidade dos solos que é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento de ecossistemas pobres em nutrientes.

O Cerrado é uma savana tropical que ocupa cerca de 24% da área do Brasil e que é caracterizada principalmente por crescer em solos pobres em nutrientes. Por causa disso, as plantas do Cerrado apresentam mecanismos conservativos que minimizam a perda de nutrientes, como folhas escleromórficas e taxas de reabsorção alta para P e ocasionalmente também para N, o que resulta na produção de uma serapilheira com elevada razão C:N e C:P³. Isto faz com que haja baixa taxa de decomposição e mineralização e conseqüentemente uma baixa disponibilidade de nutrientes no solo⁴. Além disso, a forte sazonalidade da precipitação na região dos Cerrados tem grande influência sobre os processos de decomposição e mineralização⁴. Apesar da precipitação média anual ser relativamente alta, em torno de 1500 mm, ela é bastante sazonal o que determina que a decomposição e a mineralização ocorram primariamente durante a estação chuvosa⁵.

Apesar dos fatores climáticos, qualidade da serapilheira e atividade de microrganismos serem listados como controladores do processo de decomposição, outros fatores também tem mostrado que podem influenciar este processo. Fatores naturais de controle do processo de decomposição podem ser afetados em resposta as alterações ambientais. A deposição de nitrogênio, herbivoria, e as mudanças abruptas na quantidade de serapilheira, por exemplo, podem afetar o processo de decomposição e conseqüentemente a ciclagem de nutrientes.

O presente capítulo apresenta uma compilação de trabalhos desenvolvidos sobre a decomposição da serapilheira em áreas de cerrado na Reserva Ecológica do Panga, uma unidade de conservação de 409,5 há localizada a 30 km do município de Uberlândia, Minas Gerais. Serão apresentados os principais resultados referentes aos

estudos ecológicos sobre a decomposição da serapilheira em vegetação de cerrado. Especificamente, trataremos aqui de experimentos de decomposição em que foi possível avaliar os efeitos do aumento da deposição de N, da herbivoria por saúvas e manipulação experimental da quantidade de serapilheira.

Para avaliar a taxa de decomposição da serapilheira foi utilizado o método de sacos de serapilheira (Witkamp & Olson 1963). Este método consiste em colocar dez gramas de serapilheira seca em sacos de decomposição de 20x24 cm, confeccionados com tela de náilon de malha 1 mm. As folhas mortas das espécies estudadas foram secas em estufa e pesadas para determinar a proporção da massa foliar remanescente. Esta quantidade de material foliar conhecida foi exposta a decomposição por período de tempo conhecido para avaliação direta de perda de peso do material (Figura 1).



Figura 1. (A) Folhas mortas da espécie para estudo; (B) Pesagem da serapilheira; (C) Saco de serapilheira com indicação das seis perfurações de 1 cm² (círculos brancos) para permitir a entrada de invertebrados; (D) saco de decomposição depositado sobre o solo.

Efeito da herbivoria por saúvas sobre a decomposição da serapilheira

Entre os invertebrados, as formigas cortadeiras ou saúvas (gênero *Atta*), têm mostrado ter um importante papel nos ecossistemas⁶. Elas são herbívoros dominantes em algumas áreas nos Neotrópicos e, no Cerrado, são responsáveis por consumir até 15% da produção de folhas das plantas lenhosas⁷. As formigas cortadeiras concentram grande quantidade de vegetação cortada dentro do ninho, onde esta é degradada por um fungo mutualístico⁸. Os custos e benefícios da atividade das saúvas no funcionamento dos ecossistemas têm sido bastante questionados. Embora as saúvas cortem muitas espécies de plantas, elas preferem algumas espécies em detrimento de outras possivelmente em função de diferenças no teor de alguns componentes químicos entre as espécies de plantas. Mundim *et al* (2008)⁹ mostraram que as saúvas são seletivas quanto a espécies de plantas e idade da folha, sendo que folhas com maior concentração de N foram as mais atacadas. Estes resultados sugerem que as saúvas podem afetar a decomposição da serapilheira tanto por diminuir a quantidade de material a ser decomposto na superfície do solo, disponibilizando em outras camadas, quanto ao mudar a qualidade da serapilheira.

O objetivo deste estudo foi determinar se existe uma relação entre a herbivoria por saúvas e a taxa de decomposição em plantas do Cerrado. Para isto, a taxa de decomposição foi estimada com o uso de sacos de decomposição contendo 10g de serapilheira no qual foram comparadas espécies muito ou pouco cortadas pelas saúvas em uma área de cerrado denso. Estes sacos de decomposição foram distribuídos na superfície do solo em área de cerrado denso na Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). Análises químicas foram feitas das folhas das espécies estudadas para comparação de conteúdo

inicial. A escolha de espécies de plantas para comparação das taxas de decomposição foi feita com base em estudos prévios na área sobre a atividade forrageira da saúva-cabeça-de-vidro (*Atta laevigata*)^{7,9}. Costa (2008) calculou o índice de palatabilidade das espécies de planta na área estudada.

Costa *et al.* (2008) calculou o índice de utilização das espécies de planta na área estudada. Este índice foi calculado usando a seguinte equação:

$$\text{Índice de utilização} = \frac{(\% \text{ de plantas cortadas} - \% \text{ de plantas disponíveis na área})}{(\% \text{ de plantas cortadas} + \% \text{ de plantas disponíveis na área})}$$

Onde a % de plantas cortadas é a porcentagem do número de indivíduos das espécies de plantas cortadas por saúvas na área estudada, e a % de plantas na área é o número de indivíduos das espécies presentes na área estudada. Para contagem do número de plantas atacadas por saúva foi considerado apenas indivíduos em que foi observado as folhas destas espécies de plantas sendo cortada por saúva. Este índice mede o grau de utilização de espécies de plantas pela saúva e seu valor varia de -1 a +1. Quando os valores do índice estavam mais próximos de -1, a espécie foi considerada pouco cortada por saúva, enquanto que valores mais próximos de +1, a espécie foi considerada muito cortada.

A partir de cálculo desse índice 15 espécies foram selecionadas para realização dos experimentos. Para o primeiro experimento foram selecionadas cinco espécies muito e cinco espécies pouco palatáveis que possuíam tamanhos foliares similares. As folhas mortas dessas espécies foram agrupadas de acordo com seu grau de palatabilidade e posteriormente foi calculada a média do índice para os cada grupo de espécies. Para o segundo experimento, também com base neste índice, foram selecionados três pares de espécies aparentadas, mas que diferiam quanto ao grau de utilização pela saúva (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de palatabilidade das espécies estudadas. Espécies muito palatáveis têm índice > 0 e as pouco palatáveis < 0.

Espécies	Índice de palatabilidade
Mistura de espécies mais palatáveis ¹	0,57
Mistura de espécies pouco palatáveis ²	-0,40
<i>Ouratea castaneaefolia</i> (Ochnaceae)	0,61
<i>Ouratea hexasperma</i> (Ochnaceae)	-0,79
<i>Qualea multiflora</i> (Vochysiaceae)	-0,51
<i>Qualea grandiflora</i> Mart. (Vochysiaceae)	0,12
<i>Coussarea hydrangeaefolia</i> (Rubiaceae)	0,77
<i>Alibertia sessilis</i> (Rubiaceae)	-0,99

¹Espécies muito cortadas: *Vochysia tucanorum* (Vochysiaceae), *Pera glabrata* (Euphorbiaceae), *Guapira gracilifolia* (Nyctaginaceae), *Cardiopetalum calophyllum* (Annonaceae) e *Coussarea hidrangeaefolia* (Rubiaceae); ²Espécies pouco cortadas: *Virola sebifera* (Myristicaceae), *Matayba guianensis* (Sapindaceae), *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), *Roupala montana* (Proteaceae) e *Miconia albicans* (Melastomataceae).

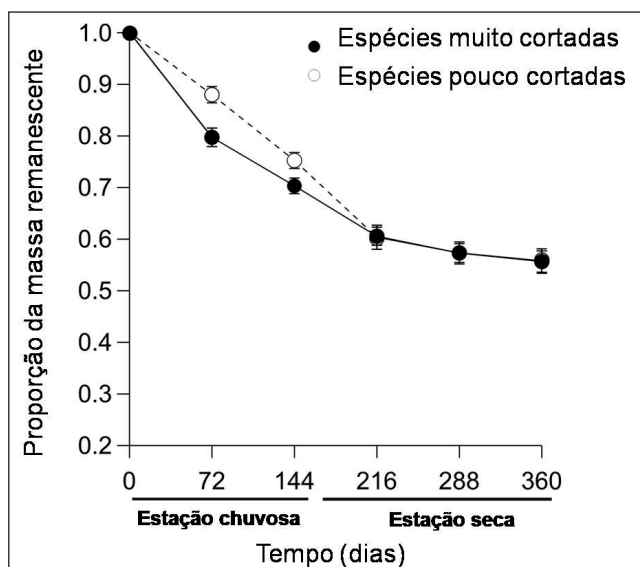


Figura 2: Proporção da massa foliar remanescente ao longo de 360 dias para misturas foliares de espécies muito cortadas e pouco cortadas sem exclusão de artrópodes. Cada símbolo representa a média \pm o erro padrão.

O resultado do experimento de decomposição não indicou a existência de uma relação significativa entre a palatabilidade foliar de *A. laevigata* e a decomposição da serapilheira. Embora a mistura de serapilheira composta de espécies de plantas mais palatáveis mostrou inicialmente mais rápida decomposição do que a mistura de espécie de plantas menos palatáveis, esta diferença não foi observada depois de 6 meses (Figura 2).

Em relação à concentração química inicial do material foliar, não houve diferença no conteúdo de P entre as misturas de espécies, apenas para lignina e N sendo que o grupo de mistura de espécies muito cortadas apresentou maior conteúdo de N e baixo de lignina (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química inicial de amostras de folhas das espécies estudadas. Os valores são a média de três réplicas, com erro padrão em parênteses. Valores com letras diferentes na coluna entre os pares comparados são significamente diferentes (Teste t; $p < 0,05$)

Espécies	N (%)	P (%)	Lignina (%)	Razão	Razão	Razão
				lignina:N	lignina:P	N:P
Mistura de espécies muito cortadas	1,33 (0,03)a	0,048 (0,01)a	21,27 (0,32)a	16,03	432,06	26,94
Mistura de espécies pouco cortadas	0,97 (0,06)b	0,050 (0,01)a	36,27 (0,26)b	37,28	722,36	19,37
Ouratea castanaefolia	1,24 (0,25)a	0,041 (0,01)a	23,71 (0,03)a	19,12(0,12)a	574,14	30,02
Ouratea hexasperma	0,77 (0,03)b	0,034 (0,01)b	30,16 (0,27)b	39,00	866,44	22,21
Qualea multiflora	1,20 (0,08)a	0,066 (0,01)a	17,79 (0,48)a	14,78	267,80	18,11
Qualea grandiflora	0,77 (0,05)b	0,033 (0,01)b	18,55 (0,48)a	24,09	559,83	23,23
Coussarea hydrangeaefolia	1,40 (0,05)a	0,071 (0,01)a	25,72 (0,29)a	6,17	121,77	19,70
Alibertia sessilis	0,70 (0,03)b	0,035 (0,01)b	8,65 (0,05)b	36,92	723,26	19,58

No segundo experimento, ao comparar a taxa de decomposição entre espécies aparentadas que diferiam em seu grau de utilização para as saúvas, a perda de massa foliar nos sacos de decomposição seguiu um padrão similar para todas as espécies ao longo do tempo. (Figura 3). Entre os pares, a variação nas taxas de decomposição da serapilheira entre as espécies foi melhor explicado por variações na concentração inicial de P na serapilheira. Em contraste, o conteúdo de P em folhas não explicou as diferenças observadas em taxas de ataque por formigas cortadeiras em diferentes espécies de árvores do cerrado⁹. As saúvas parecem selecionar folhas de diferentes espécies com base em seu N conteúdo⁹, mas a quantidade de N na serapilheira foi um pobre preditor das taxas de decomposição das espécies que estudado.

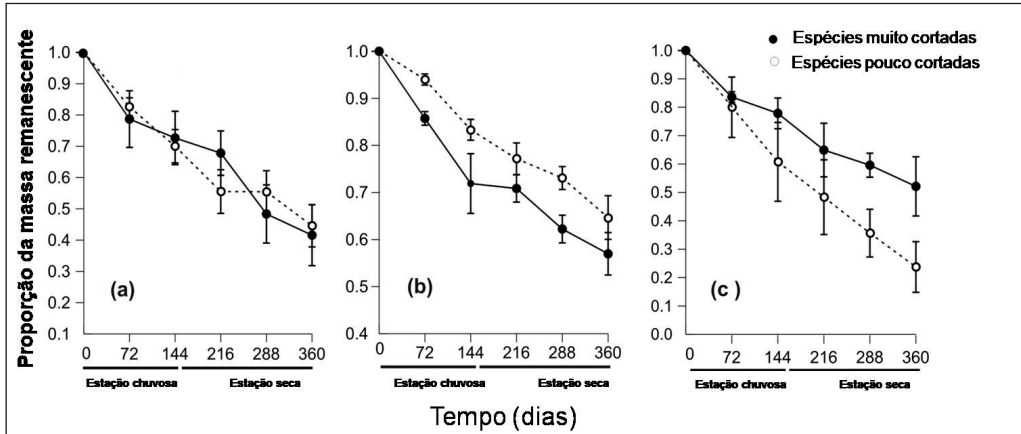


Figura 3. Proporção da massa foliar remanescente ao longo de 360 dias para os pares de árvores de espécies da mesma família: muito e pouco cortada por saúvas respectivamente. (a) *Coussarea hydrangeaeifolia* e *Cordia sessilis*, (b) *Ouratea castanaefolia* e *Ouratea hexasperma*, (c) *Qualea grandiflora* e *Qualea multiflora*. Cada símbolo representa a média \pm o erro padrão.

Efeitos da adição de nitrogênio sobre a decomposição da serapilheira

O aumento da deposição de N tem sido listado como resultado do aumento das atividades humanas o qual representa um grave problema para o funcionamento dos ecossistemas. Muito do que se sabe sobre a resposta dos ecossistemas ao enriquecimento de N no solo são resultados de experimentos de fertilização realizados em ecossistemas temperados. Um revisão destes estudos indica que influência da adição de N sobre a decomposição é bastante variável, o que parece ser explicado ao menos em parte por variações na qualidade da serapilheira, especialmente pelo conteúdo de N e lignina da serapilheira, e por diferenças na quantidade de N adicionado no solo (taxa de fertilização)¹⁰. Entretanto, não é claro se estes mesmos resultados se aplicam em ecossistemas tropicais, por exemplo, o Cerrado, o qual é caracterizado por uma baixa fertilidade dos solos e marcada sazonalidade no regime de chuvas.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o efeito da adição de N sobre a decomposição da serapilheira formada por uma gramínea comum em áreas de cerrado (*Tristachya leiostachya*), sobre a qualidade desta serapilheira e sobre a atividade microbiana do solo. Mais especificamente avaliamos se estes efeitos são dependentes do nível de fertilização e se existe uma variação interanual nestes efeitos. Para responder

essas questões foi montado um experimento de fertilização com níveis de enriquecimento de N que representam a gama de deposições previstas para o bioma Cerrado por volta do ano de 2050¹¹. Para isto, foram estabelecidas 15 parcelas permanentes de 10 x 10 m na reserva em área de campo sujo. Espaçado 5 m uma da outra, elas foram submetidas a três tratamentos: (1) “adição elevada de N” = 50 kg N ha⁻², (2) “adição baixa de N” = 20 kg N ha⁻², (3) nenhuma adição (parcelas controle). O nitrogênio na forma de nitrato de amônia (NH₄NO₃), que é um fertilizante comumente usado na agricultura, foi aplicado manualmente em seis vezes ao ano – três delas na estação chuvosa e três na seca – de forma a minimizar perdas de N por denitrificação e lixiviação.

O experimento de fertilização teve início em 2007 e as taxas de decomposição e concentração da serapilheira foram medidas três vezes durante o período de novembro de 2009 e março de 2012. A taxa de decomposição foi determinada com o uso de sacos de decomposição contendo 10g de serapilheira da gramínea *Trystachia leyostachia*, popularmente conhecida como capim-flecha, que é bastante comum na área de estudo. Também foram feitas análises da atividade microbiana do solo por avaliar o carbono da biomassa microbiana, respiração microbiana do solo, quociente metabólico (qCO_2), atividade das enzimas (β -glicosidase e urease) do solo e a qualidade do solo pela quantidade de amônio (NH₄) do solo.

Em geral, a serapilheira da gramínea capim-flecha crescendo em parcelas de alta adição de N decompôs mais rápido do que no tratamento de baixa adição de N e nenhuma adição de N (controle). Além disso, em geral, a decomposição da serapilheira foi mais rápida nas parcelas que receberam adição elevada de N do que nas parcelas dos demais tratamentos. No entanto, estes efeitos foram variáveis entre os anos (Figura 4C). Em 2009-2010 observamos que, independente do tipo da serapilheira (coletada de plantas fertilizadas ou não), a decomposição foi mais rápida em parcelas submetidas à alta adição de N. Já em 2010-2011, observamos uma inversão dos efeitos, onde a serapilheira coletada em parcelas de alta adição de N decompôs mais rápido que nas outras parcelas, independente do tipo de tratamento. Por fim, em 2011-2012 não foi observado nenhum dos efeitos: tipo de serapilheira e tipo de tratamento das parcelas. Este efeito variado entre os anos foi atribuído a uma possível interação entre a adição de N e a precipitação. Isto porque de acordo com os dados de precipitação média anual (Figura 4B), foi observado que, em geral, choveu mais em 2009-2010 do que nos anos seguintes, principalmente se compararmos apenas os meses de novembro, dezembro e janeiro, período em que transcorreu o experimento.

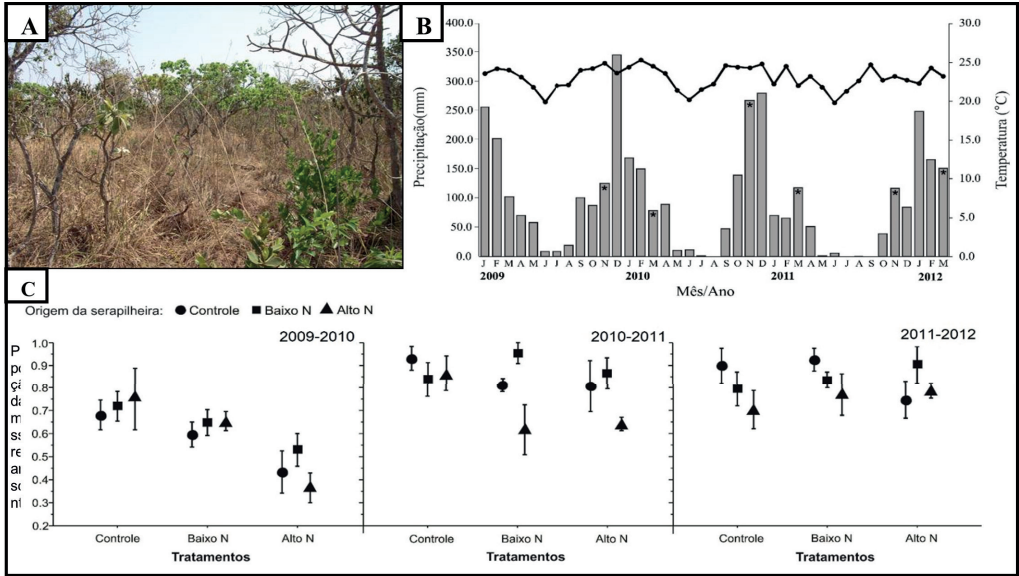


Figura 4: (A) Vista da área de cerrado ralo na Reserva Ecológica do Panga; (B) Precipitação (barras verticais) e temperatura média mensal (linha) em Uberlândia/MG entre janeiro de 2009 a março de 2012. O asterisco (*) indica o período de início e fim do experimento de decomposição nos três anos consecutivos e (C) Diferenças na taxa de decomposição da serapilheira da gramínea *Trystachia leystachia* nas parcelas submetidas à alta adição de N ($50 \text{ kg N ha}^{-2} \text{ ano}^{-1}$), baixa adição ($20 \text{ kg N ha}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) e sem adição de N nos anos de 2009, 2010 e 2011. Os dados representam a massa média (\pm EP) remanescente após 100 dias (dados transformados em *logit*).

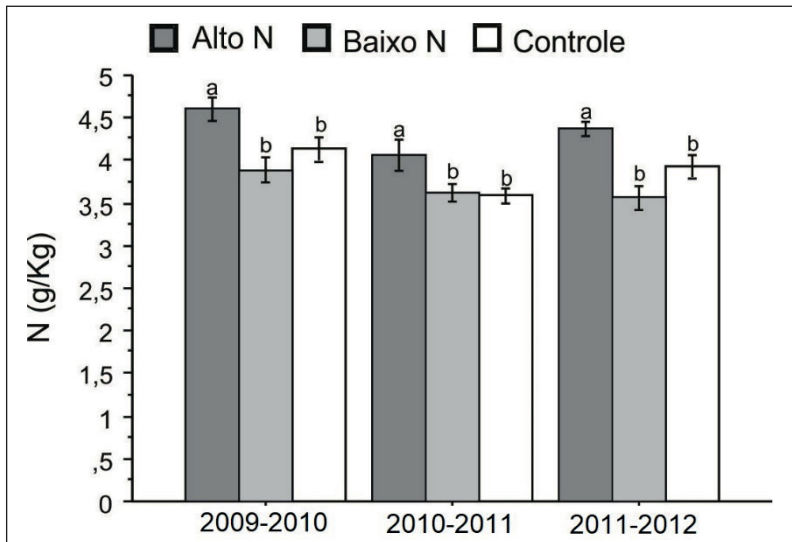


Figura 5: Concentração de nitrogênio na serapilheira produzida por *Trystachia leystachia* em parcelas submetidas à alta ($50 \text{ kg N ha}^{-2} \text{ ano}^{-1}$), baixa ($20 \text{ kg N ha}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) ou sem adição de N nos anos de 2009, 2010 e 2011. (n=10)

A concentração de N na serapilheira diferiu entre os tratamentos. A serapilheira coletada de parcelas de alto N foi a que apresentou maior concentração de N do que a serapilheira dos demais tratamentos. Também houve diferença entre os anos. De modo geral, a concentração de N na serapilheira no ano de 2009-2010 foi maior do que no ano de 2010-2011 e 2011-2012. Entretanto, não foi significativa a interação entre tratamento e ano, o que indica que a diferença entre os tratamentos de fertilização foi constante nos três anos estudados (2009, 2010 e 2011) (Figura 5).

No ano de 2011, após quatro anos do início da fertilização, a concentração de NH₄ no solo não diferiu entre os tratamentos. Além disso, a adição de N no solo não afetou os parâmetros microbiológicos medidos no estudo (taxa de respiração do solo, o carbono da biomassa microbiana, qCO₂ e atividades da enzima β-glicosidase e urease).

Efeito da manipulação experimental da quantidade de serapilheira sobre o processo de decomposição

A camada da serapilheira sobre o solo tem mostrado ter papel chave na decomposição¹². A cobertura da serapilheira ajuda a manter as condições favoráveis para a decomposição. Isto porque a quantidade da serapilheira pode alterar o microclima¹³, abundância e composição de artrópodes¹² e a disponibilidade de nutrientes no solo¹². Mudanças naturais na quantidade da serapilheira sobre o solo poderiam influenciar o processo de decomposição. Isto porque tanto o aumento da quantidade de serapilheira sobre o solo, após período de secas severas, e/ou a remoção completa da camada da serapilheira devido à ocorrência de incêndios florestais, resultaria em alterações em dois dos principais fatores determinantes da decomposição: o microclima e a comunidade de decompositores do solo¹².

No Cerrado, a produção da biomassa e a decomposição da matéria orgânica são fatores chave que controlam a disponibilidade de nutrientes, uma vez que o solo dominante tem baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente N e P, considerada a maior restrição para o crescimento da planta¹⁴. A deposição da serapilheira ocorre principalmente durante a estação seca¹⁵. Entretanto, devido ao mecanismo conservativo das plantas, a serapilheira produzida tem alta razão C:N e C:P apresentando baixa taxa de decomposição³. Diante disso, o objetivo deste estudo foi determinar o efeito da manipulação da serapilheira sobre a decomposição e comparar o efeito da exclusão dos artrópodes sobre a decomposição entre os tratamentos. O estudo foi realizado em parcelas submetidas à manipulação da serapilheira (adição, remoção e controle) em área de cerradão localizada na Reserva Ecológica do Panga (REP).

Para avaliar o efeito da alteração na disponibilidade de serapilheira sobre a decomposição foi realizado um experimento de manipulação da serapilheira. Para isto foram estabelecidas 15 parcelas de 5x5m sendo cinco submetidas a cada um dos três tratamentos: remoção de serapilheira, adição de serapilheira e controle. O tratamento de remoção da serapilheira correspondeu à retirada total da serapilheira das parcelas. Com auxílio do rastelo, a serapilheira de cada parcela foi removida e peneirada em peneira de malha 1 cm² para garantir a remoção apenas da serapilheira e não dos artrópodes. Já o tratamento de adição de serapilheira correspondeu ao aumento de serapilheira na parcela. Para isto, a serapilheira removida e peneirada das parcelas do tratamento de remoção foi transferida para cinco parcelas de tratamento de adição para

simular o aumento da quantidade de serapilheira. As cinco parcelas restantes foram mantidas intactas correspondendo às parcelas controle. Durante o período de realização do experimento, foi realizada mensalmente a manutenção das parcelas retirando, peneirando e adicionado a serapilheira de acordo com o tratamento.

A exclusão de artrópodes foi feita para avaliar a influência deles na decomposição da serapilheira. Dessa forma, no tratamento de exclusão de artrópodes foram utilizadas duas bolas de naftalina para impedir a entrada de invertebrados, enquanto que para o tratamento sem exclusão de artrópodes foram feitos seis perfurações de 1 cm².

A profundidade da serapilheira foi monitorada através da mensuração da altura da camada da serapilheira com o auxílio de uma régua. Foram feitas cinco medidas da profundidade da serapilheira em cada parcela e foi feita uma média dessas medidas. Estas medidas foram feitas aos 14, 49, 112 e 160 dias após a aplicação dos tratamentos.

A taxa de decomposição da serapilheira da espécie *Qualea grandiflora* Mart. foi determinada para os três tratamentos: remoção da serapilheira, adição da serapilheira e controle. A escolha desta espécie foi feita com base na sua dominância e alta representatividade nesta área de cerradão mesotrófico.

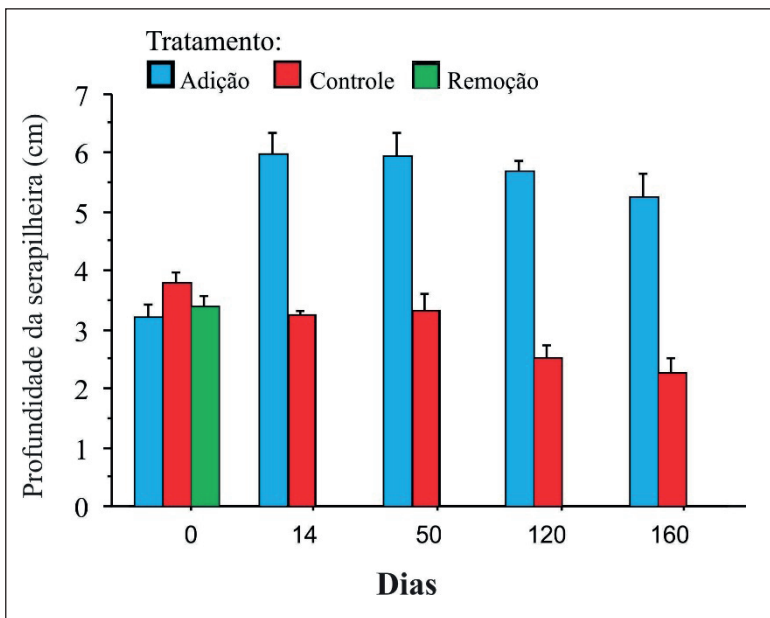


Figura 6. Diferença na profundidade da serapilheira entre os tratamentos de adição, remoção da serapilheira e controle – que receberam entrada natural de serapilheira no ano de 2012. Os valores são a média e o erro padrão.

Antes da aplicação dos tratamentos de remoção e adição da serapilheira, a profundidade da serapilheira foi muito semelhante entre as parcelas (Figura 6). Porém, após a primeira aplicação dos tratamentos, houve uma drástica mudança na profundidade da serapilheira nas parcelas de tratamento. Em parcelas de adição da serapilheira resultou no aumento de 1.8 vezes a profundidade da serapilheira em relação às parcelas controle que tinham entrada natural da serapilheira. Enquanto que nas parcelas submetidas ao tratamento de remoção da serapilheira, a profundidade foi considerada igual a 0 cm após o primeiro tratamento, visto que a serapilheira era quase ausente, dificultando muito a mensuração.

A decomposição da serapilheira diferiu entre os tratamentos sendo mais lenta na parcela de remoção da serapilheira do que nas parcelas de adição de serapilheira e controle (Figura 7). O efeito da disponibilidade da serapilheira sobre a decomposição da serapilheira não variou entre 2012 e 2013.

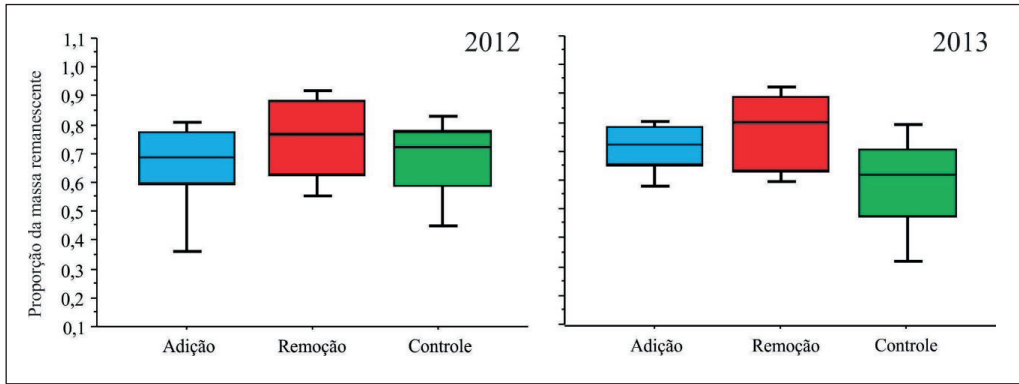


Figura 7. Proporção da massa remanescente ao longo de 100 dias para os tratamentos de adição, remoção e controle da serapilheira nos anos de 2012 e 2013. Os valores são a média \pm erro padrão.

A exclusão de artrópodes teve um efeito significativo sobre a taxa de decomposição. A decomposição da serapilheira foi mais rápida onde os artrópodes tinham livre acesso do que naqueles em que foram excluídos (Figura 8). O efeito dos tratamentos (remoção e adição da serapilheira) também foi significativo. Entretanto, o efeito da exclusão de artrópodes não dependeu da disponibilidade de serapilheira como indicado pela interação não significativa entre os tratamentos e a exclusão de artrópodes ($F_{2,42}=0.42$, $p=0.65$).

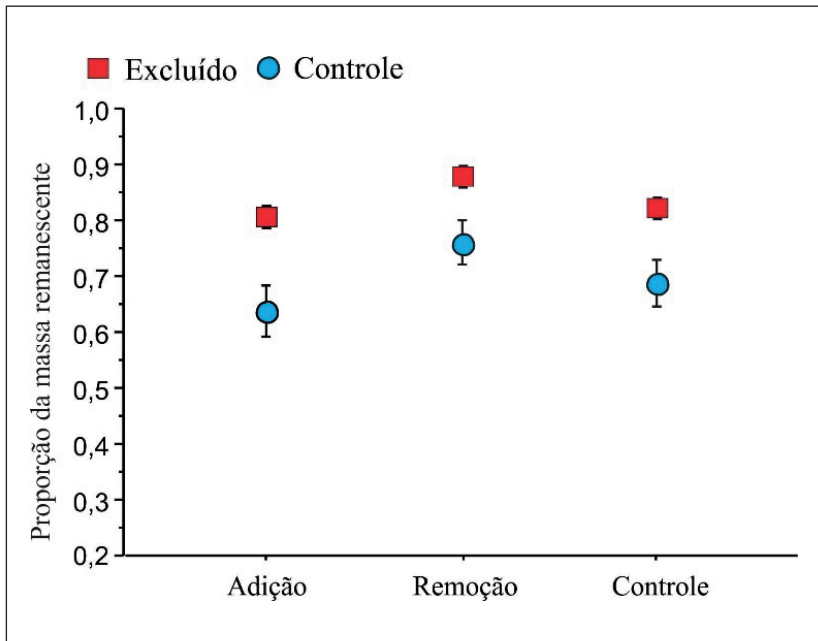


Figura 8. Efeito da exclusão dos artrópodes na proporção da massa remanescente da serapilheira após 100 dias entre os tratamentos de adição, remoção e controle da serapilheira. Os valores são a média e o erro padrão.

Implicações para conservação

Os estudos apresentados determinaram o impacto de alterações ambientais sobre a decomposição da serapilheira. De acordo com a literatura, estas mudanças podem alterar a dinâmica de nutrientes nos ecossistemas tendo sua estrutura e funcionalidade modificada, principalmente no Cerrado. Isto porque este ecossistema é caracterizado pela baixa disponibilidade de nutrientes e o processo de decomposição é a principal via de entrada de nutrientes.

Em geral, os resultados deste trabalho mostram que a herbivoria, aumento da deposição de N e quantidade da serapilheira podem afetar os principais fatores controladores do processo de decomposição: a qualidade da serapilheira, a atividade dos decompositores e o microclima. No estudo sobre o efeito da herbivoria por saúva observou-se que apesar da saúva *Atta laevigata* ter preferência por espécies de plantas com maior concentração de N e menor razão de lignina:N, as espécies mais palatáveis não apresentaram maior taxa de decomposição. Diferenças na taxa de decomposição entre as espécies parecem ter sido determinadas pela concentração inicial de P; porém esta não diferiu entre plantas com diferentes graus de palatabilidade. Isto indica que as saúvas não alteram indiretamente o processo de decomposição ao alterar a qualidade da serapilheira que é depositada sobre o solo. No entanto, as saúvas podem comprometer o fluxo de nutrientes por outras formas como, por exemplo, ao alterar a quantidade de serapilheira. Além disso, elas podem alterar a estrutura da vegetação e assim as condições microclimáticas para a comunidade decompositora.

Já os resultados encontrados no experimento de fertilização mostraram que adição de N alterou a qualidade da serapilheira por aumentar a concentração de N na serapilheira produzida por gramíneas. Já a mais rápida decomposição em parcelas de sujeitas a alta adição de N indicou maior atividade microbiana do solo.

Por fim, a manipulação da quantidade da camada da serapilheira mostrou influenciar a decomposição não por mudar a fauna do solo, mas por alterar o microclima para a comunidade microbiana do solo. Isto porque a remoção total da serapilheira tornou a decomposição mais lenta nestes locais comparados aqueles de adição extra e controle. Para o Cerrado, estas informações são de suma importância uma vez que a decomposição da serapilheira é um processo importante para os ecossistemas podendo demonstrar o potencial de recuperação em consequência destas alterações ambientais.

Referências

- ¹ Chapin III, F. S., Matson, P. A. & Mooney, H. A. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. 423p Springer, USA. (2002).
- ² Mamilov, A. Sh. & Dilly, O.M. Microbial characteristics during the initial stages of litter decomposition in forest and adjacent cropland soil. *Ecol. Eng.* **3**, 147–153(2007).
- ³ Nardoto, G. B., Bustamante, M. M. C., Pinto, A. S. & Klink, C. A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna áreas of Central Brazil and impacts of fire. *J. Trop. Ecol.* **22**, 191–201 (2006).

- ⁴ Bustamante, M. M. C., e. Medina, G. P. Asner, G. B. Nardoto, & D. C. Garcia-Montiel. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. *Biogeochemistry* **79**, 209–237 (2006).
- ⁵ Silva, L. V. B. & Vasconcelos, H. L. Plant palatability to leaf-cutter ants (*Atta laevigata*) and litter decomposability in a Neotropical woodland savanna. *Austral Ecol.* **36**, 504–510 (2011).
- ⁶ Sousa-Souto, L., Schoereder, J. H. & Schaefer, C.E.G.R. Leafcutting ants, seasonal burning and nutrient distribution in Cerrado vegetation. *Austral Ecol.* **32**, 758–765 (2007).
- ⁷ Costa, A. N., Vasconcelos, H. L., Vieira-Neto, E. H. M. & Bruna, E. M. Do herbivores exert top-down effects in Neotropical savannas? Estimates of biomass consumption by leaf-cutter ants. *J. Veg. Sci.* **19**, 849–854 (2008).
- ⁸ Farji-Brener, A. G. & Ghermandi, L. Seedling recruitment in a semiarid Patagonian steppe: Facilitative effects of refuse dumps of leaf-cutting ants. *J. Veg. Sci.* **15**, 823–830 (2004).
- ⁹ Mundim, F. M., Costa, A. N. & Vasconcelos, H. L. Leaf nutrient content and host plant selection by leaf-cutter ants, *Atta laevigata*, in a Neotropical savanna. *Entomol. Exp. Appl.* **130**, 47–54 (2009).
- ¹⁰ Knorr, M., Frey S. D, Curtis P. S. Nitrogen additions and litter decomposition: a meta-analysis. *Ecology* **86**, 3252–3257 (2005).
- ¹¹ Galloway, J. N., Dentener, F. J., Capone, D. G., Boyer, E.W., Howarth, R.W., Seitzinger, S. P., Asner, G.P., Cleveland, C.C., Green, P.A., Holland, E. A., Karl, D. M., Michaels, A.F., Porter, J.H., Townsend, A.R., Vorosmarty, C.J. Nitrogen cycles: past, present, and future. *Biogeochemistry* **70**, 153–226 (2004).
- ¹² Sayer, E. J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biol. Rev.* **81**, 1–31 (2006).
- ¹³ Villalobos-Vega, R. *et al.* Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical Savana. *Plant Soil* **346**, 385–397 (2011).
- ¹⁴ Haridasan, M. Nutrient cycling as a function of landscape and biotic characteristics in the cerrados of Central Brazil. McClain ME, Victoria RL, Richey JE, editors. *Biogeochemistry of the Amazon basin and its role in a changing world*. Oxford University Press, New York. P 68–83 (2001).
- ¹⁵ Bucci, S. J. *et al.* Controls on stand transpiration and soil water utilization along a tree density gradient in a Neotropical savanna. *Agricultural and Forest Meteorology* **148** (6–7), 839–849 (2008).

CAPÍTULO 11

DINÂMICA DE VEGETAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FITOFISIONOMIAS DA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA

Rogério Victor S. Gonçalves
Paola Pisetta Raupp
João Custódio F. Cardoso
Denis Coelho de Oliveira

Introdução

Mudanças na estrutura da vegetação do Cerrado podem ocorrer devido à diferentes fatores antrópicos, dentre eles, incêndios, intensificação do uso do solo e mudanças climáticas.^{1,2} Estas mudanças a longo prazo na vegetação do Cerrado são geralmente observadas em estudos sobre *woody plant encroachment* (WPE), fenômeno caracterizado pelo aumento na cobertura, densidade e biomassa de espécies lenhosas em formações vegetais abertas.³⁻⁵ Dessa forma, a substituição de espécies promovida pelo aumento no estabelecimento de plantas arbóreas acarreta na descaracterização de fitofisionomias abertas do Cerrado e, conseqüentemente, na perda de espécies com características morfofisiológicas adaptativas do bioma.

Estudos de longo prazo sobre a estrutura da vegetação são importantes porque podem impulsionar a compreensão da dinâmica de diferentes áreas e apoiar planos de conservação específicos para cada tipo vegetacional.⁶ Esta premissa também é verdadeira para as mudanças na vegetação do Cerrado, principalmente em áreas compostas por mosaicos de diversas fitofisionomias. O objetivo principal desse capítulo foi revisitar e discutir a dinâmica da vegetação nos últimos 30 anos de preservação da maior área de Cerrado do Triângulo Mineiro, a Reserva Ecológica do Panga, em Uberlândia, Minas Gerais. A região em que a Reserva se encontra está compreendida entre os rios Paranaíba e Grande, dois dos principais afluentes da bacia do Paraná-Prata, no sul do Cerrado. A reserva é o principal sítio de estudos em zoologia, botânica e ecologia da Universidade Federal de Uberlândia, e o manejo conservacionista ocasionado pela supressão de queimadas e de pastoreio na Reserva parece ter favorecido o WPE,⁷ processo já observado em outras áreas de Cerrado mais ao Sul.^{8,9}

Caracterização das fitofisionomias: análise de campo x sensoriamento remoto

Em uma revisão mais atual, considerando 30 anos de sucessão ecológica,⁷ realizaram levantamentos em campo das diferentes fitofisionomias na Reserva, utilizando a nomenclatura tradicional proposta¹⁰ para a classificação de vegetações do Cerrado. Neste estudo, as diferenças entre os dados coletados e dados de pesquisas anteriores realizados^{11,12} na Reserva foram comparados e analisados junto a imagens de sensoriamento remoto. Assim, as imagens de satélite foram utilizadas para a extração do NDVI (índice de vegetação de diferença normalizada), um proxy de adensamento vegetacional para os anos amostrados (i.e., 1987, 2005 e 2019) e para a confirmação da amplitude do WPE e as mudanças da paisagem na Reserva. De fato, o uso do

sensoriamento remoto pode se configurar como uma ferramenta rápida e barata para acompanhar processos de WPE e sucessão ecológica, em especial quando o método é comparado com dados de campo.

A discriminação das fitofisionomias da reserva ecológica do Panga *in situ* podem ser feitas utilizando características fisionômicas e estruturais organizadas como uma chave dicotômica.¹⁰ Elementos paisagísticos/estruturais como porcentagem estimada de cobertura e altura de dossel e elementos florísticos característicos, como a presença do Buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) para a caracterização de veredas,^{13,14} são exemplos de características presentes nestas chaves. Após a coleta de dados em campo, as informações foram cruzadas com imagens do programa QGIS 2.18 para realizar uma classificação supervisionada utilizando um algoritmo baseado na máxima verossimilhança dos pontos coletados, sobrepondo os pontos à imagem do satélite SPOT-6 com resolução espacial de 2.5 metros e resolução radiométrica de 8 bits do dia 21 de agosto de 2019. Esse algoritmo possibilita o agrupamento de pixels com informações semelhantes, de forma que cada ponto coletado *in situ* esteja associado à informação do pixel ao qual ele se encontra. Deste modo, todos os pixels com a mesma informação espectral foram agrupados em uma determinada fitofisionomia utilizando o teorema de Bayes para tomada de decisão.¹⁵ Desta forma, foi possível garantir que os resultados das análises de imagens via sensoriamento conferiam com as incursões a campo, validando o uso do NDVI como proxy das diferentes fisionomias de vegetação.

Certificada a acurácia da classificação das fitofisionomias, foi possível comparar as porcentagens de cada formação vegetal de 2019 com os dados trabalhos anteriores realizados na Reserva.^{11,12} Como exemplo, a coleta de dados realizada em 1987¹² utilizou interpretação de imagem de fotogrametria aérea com resolução de 2.5 m e os dados de campo foram coletados entre maio de 1986 e maio de 1987, enquanto a coleta de dados realizada em 2005¹¹ utilizou a interpretação de imagem obtida pelo satélite Quickbird com 2.4 m de resolução e foram marcados 36 pontos ao longo da Reserva entre 2001 e 2005.

Uma abordagem contínua e de longo prazo, usando o NDVI a partir de imagens de satélite, é uma ferramenta importante para quantificar o adensamento da vegetação. Para as análises de sensoriamento da Reserva do Panga, as imagens foram disponibilizadas a partir do satélite Landsat 4/5 TM para os anos de 1986 (24 de novembro) e de 2004 (25 de novembro) e do satélite Landsat 8 OLI para imagem de 2018 (18 de dezembro). Todas as imagens foram adquiridas pela plataforma EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) da coleção nível 2, em que se encontram imagens com correção atmosférica e radiométrica realizada pela NASA. As imagens foram escolhidas baseadas na ausência de nuvens no período mais próximo ao final da coleta de dados dos trabalhos. Posteriormente, o NDVI foi extraído de cada pixel das imagens. Devido à diferença espectral entre os sensores TM e OLI presentes nos diferentes satélites utilizados, é sugerido uma correção espectral baseada na equalização de espectros de radiação.¹⁶

Classificação das fitofisionomias da Reserva do Panga

Para comparação com estudos previamente realizados na REP, foram necessários alguns ajustes. As áreas classificadas como campo cerrado em 1987 e 2005 foram incorporadas como cerrado ralo para comparação com 2019. Além disso, áreas

anteriormente classificadas como floresta semidecídua foram, agora, reclassificadas como floresta sempre verde de acordo com a observação *in situ*,⁷ seguindo parâmetros paisagísticos e florísticos.¹⁰ Assim, os tipos de vegetação na Reserva do Panga estão distribuídos entre sete fitofisionomias: campo sujo, vereda, campo úmido, cerradão, floresta sempre verde, cerrado sentido restrito e floresta de galeria. Dentre estas, a formação de cerrado sentido restrito pode ser dividida entre cerrado ralo, cerrado típico e cerrado denso. Baseado na classificação das fitofisionomias na Reserva Ecológica do Panga, apresentamos uma chave dicotômica adaptada¹⁰ para auxiliar na categorização *in situ* da Reserva do Panga. Aqui, cabe ressaltar que o termo “Cerrado” (iniciando com letra maiúscula) é usado para se referir ao bioma e “cerrado” (iniciando com letra minúscula) para se referir às fitofisionomias do bioma.

Chave dicotômica para caracterização das fitofisionomias da Reserva Ecológica do Panga

1. Formação florestal. Estrutura de floresta. Presença de árvores dicotiledôneas ou palmeiras. Dossel predominantemente contínuo, porcentagem média de cobertura arbórea de 50 a 95%.....2
 - 1'. Formação savânica ou campestre.....4
2. Floresta sem associação com cursos hídricos definidos.....3
 - 2'. Floresta associada a cursos hídricos definidos. Formação de galeria sobre o curso hídrico. Árvores com altura média de 20 a 30 metros. Camada de árvore perene ou pouco decídua. Cobertura arbórea de 70 a 95 %.....**floresta de galeria**
3. Predominância de espécies perenes, variando ligeiramente a camada de árvore ao longo do ano. Camada de árvore com indivíduos predominantemente eretos. Apresenta diferentes graus de caducifólia na estação seca. Altura média de 15 a 25 metros. A cobertura arbórea varia de 50% (ou menos) a 95%. Flora essencialmente com espécies de floresta.....**floresta sempre verde**
 - 3'. Camada de árvore com indivíduos tortuosos e eretos. Poucas espécies com caducifólia na estação seca. Altura média de 8 a 15 metros. Cobertura arbórea de 50 a 90%. Flora com elementos de cerrado sentido restrito e floresta.....**cerradão**
4. Estrutura da savana. Flora predominantemente arbórea-arbustiva, espalhada sobre a camada herbácea que pode ser destacada. Cobertura arbórea de 5 a 70%. Dossel, se presente, geralmente descontínuo.....5
 - 4'. Estrutura do campo. Flora predominantemente herbácea. Camada de árvore ausente ou indefinida.....8
5. Somente em solo bem drenado.....6
 - 5'. Em solo mal drenado ou solo mal drenado com terreno bem drenado.....8
6. Cobertura de árvores inferior a 50%. Altura média da camada arbórea de 2 a 6 metros. Nunca forme um dossel contínuo. Camada arbórea com indivíduos predominantemente tortuosos.....7

- 6'. Cobertura arbórea de 50 a 70%. Altura média da camada da árvore de 5 a 8 metros. Pode formar faixas com dossel contínuo. Estrato de árvore com indivíduos eretos e tortuosos.....**cerrado denso**
7. Cobertura arbórea de 5 a 20%. Estrato de árvore pouco denso. Altura média da camada da árvore 2 a 4 metros. Árvores e arbustos crescem em solos com pouca profundidade, mas com ausência de afloramentos rochosos. Flora típica do Cerrado.....**cerrado ralo**
- 7'. Cobertura arbórea de 20 a 50%. Excelente camada arbórea. Altura média da camada da árvore 3 a 6 metros.....**cerrado típico**
8. Flora arbórea com presença marcante de buriti (*Mauritia flexuosa*) em solos mal drenados. Buritis não formam um dossel e crescem durante um agrupamento mais ou menos denso de espécies arbustivas-herbáceas. Cobertura arbórea de 5 a 10%. Os buritis concentram-se em locais onde existem linhas de drenagem indefinidas, com formas de campo caracteristicamente associadas.....**vereda**
- 8'. Sem arbustos ou brotos. Solos mal drenados apenas em pequenas elevações concêntricas.....**campo úmido**

Grande parte das fitofisionomias presentes no Cerrado podem ser observadas na Reserva Ecológica do Panga (ca. 45 %, Figura 1). Dos 74 pontos amostrados pelos pesquisadores do PELD Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, cinco foram marcados em veredas, um em campo úmido, 10 em cerradão, 47 em cerrado sentido restrito, quatro em floresta sempre verde, e seis em floresta de galeria. As áreas de campo sujo identificadas nos anos de 1987 e 2005 não foram encontradas em 2018, sendo que a quantidade de formações vegetais abertas de forma geral diminuiu de 55.6 % para 11.4 %. Em 2018, a maior parte das áreas da Reserva são ocupadas por cerrado típico, denso ou cerradão, enquanto as formações abertas como cerrado ralo são mais raras na Reserva (Figura 1). Em relação as áreas de vereda, destaca-se que foram observadas a invasão de plantas lenhosas, indicando uma possível ameaça à biodiversidade e à manutenção de fluxo hídrico dessas áreas.

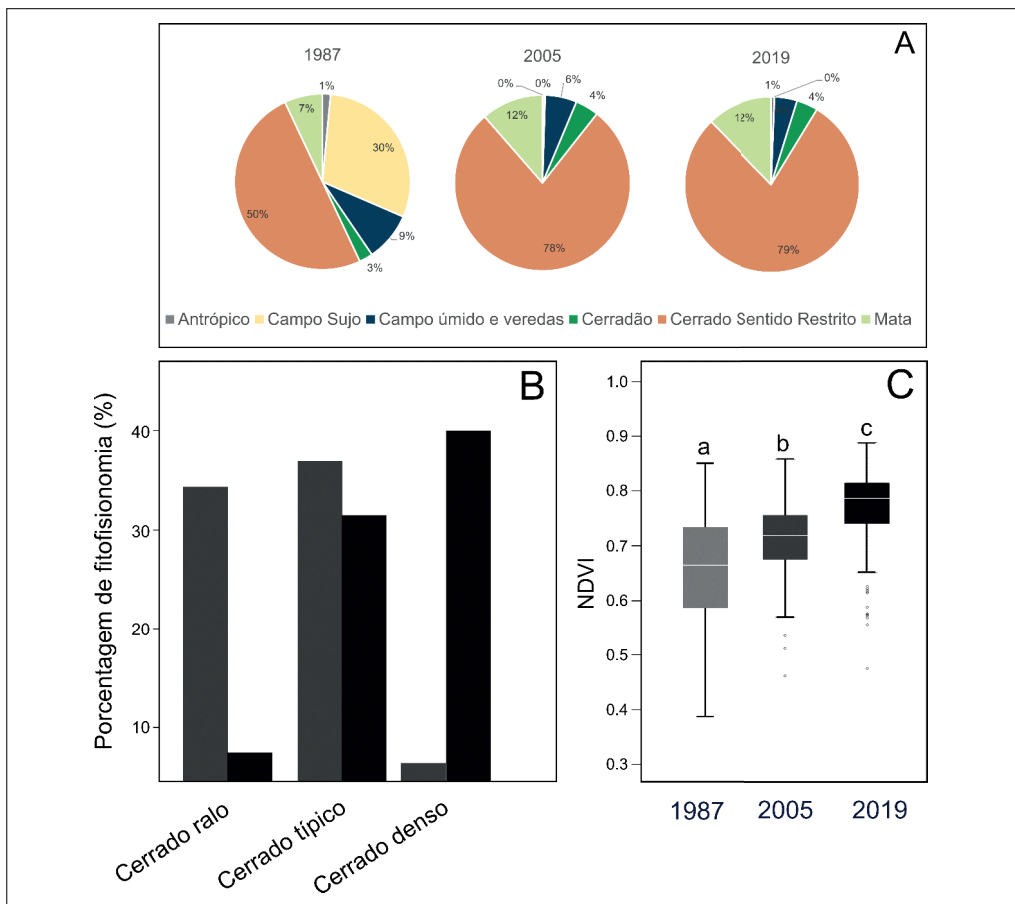


Figura 1. Mudanças ao longo do tempo nas fitofisionomias da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. (a) Comparação de todas as formações vegetais mostrando sua porcentagem de superfície ocupada em 1987, 2005 e 2019; (b) o percentual de ocupação de fitofisionomias entre as categorias de cerrado sentido restrito em 2005 e 2019; (c) diferenças de NDVI entre os anos de 1987, 2005 e 2019. Todos os anos apresentam diferenças estatísticas significativas ao nível de $p < 0,05$, indicado em letras acima dos boxplots. Adaptado de Gonçalves *et al* 2021

O adensamento das fitofisionomias observado *in situ* e comparado com os estudos anteriores,^{11,12} foi confirmado pelas análises das imagens de satélite. Dados publicados recentemente⁷ mostraram que as frequências de tipos de formação vegetal foram estatisticamente diferentes entre os anos anteriores, de 1987 a 2019 (Figura 1a), sendo que 1987 diferiu de 2005 e 2019, enquanto estes dois últimos não diferiram significativamente um do outro. Os campos sujos, que representavam cerca de 30 % da área da Reserva em 1987 (Figura 1a), diminuíram nos períodos seguintes (0,4% e 0,0 % em 2005 e 2019, respectivamente). Além disso, as áreas úmidas presentes na Reserva diminuíram à medida que o tempo passou, sendo 9,0 % em 1987, 5,8 % em 2005 e 3,7 % em 2019. Por outro lado, a área ocupada por formações vegetais lenhosas, como cerrado sentido restrito, cerradão e floresta de galeria, aumentou de 1987 para 2019. O cerrado sentido restrito (49,9 % em 1987) aumentou em 2005 (77,8 %) e 2019 (78,8 %) (Figura 1a). As áreas florestais, que representavam apenas 7,0 % em 1987, aumentaram para 11,4 % e 11,0 % em 2005 e 2019, respectivamente. A densidade lenhosa no

cerrado sentido restrito também diferiu entre 2005 e 2019 (Figura 1b). A área ocupada por cerrado ralo diminuiu de 34.2 % para 7.7 %, enquanto aquela ocupada por cerrado denso aumentou de 6.9 % para 39.8 % (Figura 1b). As proporções do cerrado típico permaneceram semelhantes entre 2005 e 2019 (36.8 % e 31.3 % respectivamente).

As mudanças fisionômicas observadas ao nível de paisagem foram corroboradas pelas análises dos valores de NDVI (Figura 1c). Os valores de NDVI indicam um aumento de densidade de vegetação ao longo do tempo de 1987 para 2005 e depois para 2019 (Figura 1c), sendo diferentes em todos os anos quando comparados par a par. Com base nas análises foi possível organizar um mapa atualizado da distribuição de formações vegetais em 2019, que mostra que a Reserva possui predominância de cerrado sentido restrito (78.8 %), seguido por áreas florestais (11.0 %), áreas úmidas (3.7 %; vereda: 3.2 %, campo úmido: 0.6 %), cerradão (3.5 %) e, em seguida, áreas antropizadas (0.6 %) (Figura 2).

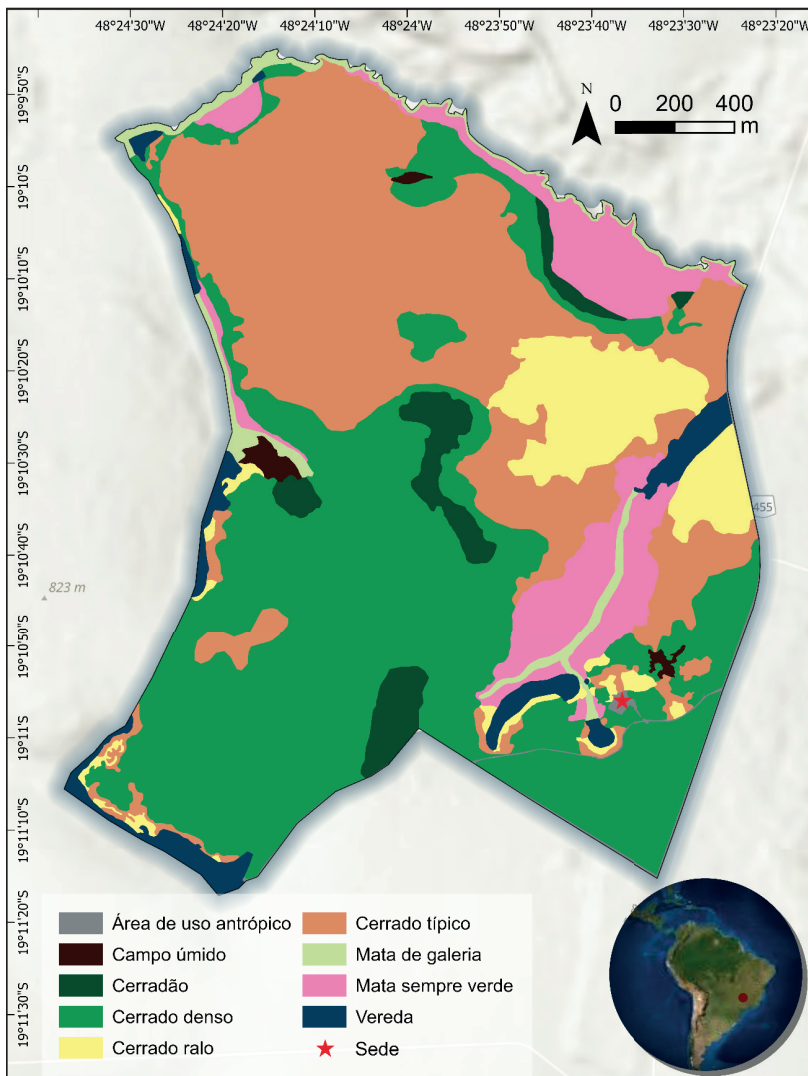


Figura 2. Mapa de 2019 ocorrência e distribuição das fitofisionomias da Reserva Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. Adaptado de Gonçalves *et al* 2021

Podemos falar em WPE (wood plant encroachment) na Reserva do Panga?

O processo de WPE ou invasão de plantas lenhosas ocorreu de maneira generalizada na Reserva Ecológica do Panga. Isso, indica que o manejo restritivo ao fogo pode representar uma ameaça a existências de fisionomias abertas como o cerrado ralo e o campo sujo, sendo que este último atualmente não se encontra mais localizado na Reserva em virtude desse adensamento da área onde havia sua ocorrência. Diversos estudos indicam que a proteção do Cerrado contra o fogo conduz a vegetação savânica à uma invasão de plantas lenhosas, contribuindo para a redução da diversidade animal e vegetal nativa, além de causar mudanças biogeoquímicas, como alteração no ciclo da água e do carbono.^{1,17-19} Nesse sentido, o WPE é discutido como uma ameaça à biodiversidade,²⁰⁻²² sendo um importante modelador da estrutura da vegetação a nível de paisagem. Em um recente estudo, publicado por pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) com espécies arbóreas da Reserva Ecológica do Panga²³, foi mostrado que o componente juvenil e adulto são floristicamente distintos, e que o componente juvenil na reserva ecológica do Panga abriga mais espécies florestais, com menor espessura de casca e dispersa por animais.²³ Segundo os autores estes resultados indicam uma invasão de espécies florestais inclusive em ambientes abertos da reserva e ainda, os autores afirmam que a comparação entre árvores adultas e juvenis podem se configurar como uma excelente ferramenta para avaliação de WPE.

O WPE ocorre de maneira generalizada em todos os continentes, não sendo correlacionado com a precipitação anual, mas com o continente onde está localizado.⁴ As savanas brasileiras, por exemplo, têm uma taxa de invasão lenhosa, em média, três vezes maior que as africanas e sete vezes maior que as australianas (Stevens *et al* 2017), o que pode ser explicado pela política brasileira de supressão de incêndios.²³ Na Reserva Ecológica do Panga, o WPE pode estar associado à perda da matriz ambiental pelas atividades agropecuárias e pelas mudanças no regime do fogo. Quando o fogo é suprimido, com o passar do tempo, não há redução na biomassa vegetal que se acumula no solo, culminando em incêndios de alta intensidade que atingem grandes proporções, gerando impactos negativos para a biodiversidade nativa. Nesse sentido, o fogo é considerado um elemento essencial para o ciclo do carbono no Cerrado.^{24,25}

Um dos grandes impactos do WPE no Cerrado, sobretudo observado na Reserva do Panga é a sua ocorrência em áreas de vereda. As veredas são ecossistemas com alta biodiversidade e endemismo de espécies, além de atuarem como fontes de abastecimento para importantes rios do Cerrado.²⁶⁻²⁹ Entretanto, a invasão de plantas lenhosas apresenta uma ameaça a esse ecossistema em virtude de serem áreas dependentes do solo hidromórfico (i.e., solo encharcado com alta concentração de matéria orgânica e turfa). Assim, o estabelecimento de vegetação lenhosa implica em um aumento na taxa de evapotranspiração nesse ecossistema, diminuindo a disponibilidade hídrica da área, o abastecimento de lençóis freáticos e o contínuo aumento no estabelecimento de outras espécies vegetais lenhosas.

Conclusão

Estudos de longo prazo sobre a dinâmica das savanas tropicais podem fornecer informações sobre estratégias de conservação. Neste capítulo revisitamos os trabalhos

que discutiram os 30 anos de dinâmica de vegetação na Reserva Ecológica do Panga. Até aqui e em síntese, a Reserva perdeu a maior parte de suas formações vegetais abertas e áreas úmidas, o que corrobora uma tendência de WPE, já descrita para outras áreas savânicas em outros continentes. A perda de formações vegetais abertas pode ameaçar as plantas herbáceas e outros organismos vegetais e animais adaptados a tais ambientes. Além disso, destaca-se a importância do uso de ferramentas de sensoriamento remoto para a validação de observações pessoais ao longo do tempo, como no caso do adensamento de vegetação lenhosa em áreas de fitofisionomias campestres. Em conjunto, nossos resultados reforçam a necessidade de uma revisão das políticas de conservação baseadas na supressão do fogo e de pastoreio no bioma Cerrado. Isso poderia ajudar na tomada de decisões sobre como gerenciar áreas de conservação ecológica através do manejo de queimadas periódicas, bem como a preservação de suas áreas circundantes.

Referências

- ¹ Lehmann, C. E. R. *et al.* Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. *Science*. **343**, 548–552 (2014).
- ² Strassburg, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nat. Ecol. Evol.* **1**, 1–3 (2017).
- ³ Ratajczak, Z., Nippert, J. B. & Collins, S. L. Woody encroachment decreases diversity across North American grasslands and savannas. *Ecology* **93**, 697–703 (2012).
- ⁴ Stevens, N., Lehmann, C. E. R., Murphy, B. P. & Durigan, G. Savanna woody encroachment is widespread across three continents. *Glob. Chang. Biol.* **23**, 235–244 (2017).
- ⁵ Venter, Z. S., Cramer, M. D. & Hawkins, H. J. Drivers of woody plant encroachment over Africa. *Nat. Commun.* **9**, 1–7 (2018).
- ⁶ Mitchard, E. T. A., Saatchi, S. S., Gerard, F. F., Lewis, S. L. & Meir, P. Measuring woody encroachment along a forest-savanna boundary in Central Africa. *Earth Interact.* **13**, (2009).
- ⁷ Gonçalves, R. V. S., Cardoso, J. C. F., Oliveira, P. E. & Oliveira, D. C. de. Changes in the Cerrado vegetation structure: insights from more than three decades of ecological succession. *Web Ecol.* **21**, 55–64 (2021).
- ⁸ Almeida, R. F. *et al.* Mudanças florísticas e estruturais no cerrado sensu stricto ao longo de 27 anos (1985–2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF. *Rodriguésia* **65**, 1–19 (2014).
- ⁹ Pinheiro, E. & Durigan, G. Dinâmica espaço-temporal (1962–2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no Sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Bot* **32**, 441–454 (2009).
- ¹⁰ Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. in *Cerrado: ambiente e flora* (eds. Sano, S. M. & Almeida, S. P. de) (Embrapa Cerrados, 2008).

- ¹¹ Cardoso, E., Moreno, M. I. C., Bruna, E. M. & Vasconcelos, H. L. Mudanças fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia - MG. *Caminhos da Geogr.* **10**, 254–268 (2009).
- ¹² Schiavini, I. & Araújo, G. M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Soc. Nat.* **1**, 61–66 (1989).
- ¹³ Neves, A. K., Korting, T. S., Neto, C. D. G., Soares, A. R. & Fonseca, L. M. G. Hierarchical classification of Brazilian savanna physiognomies using very high spatial resolution image, superpixel and geobia. *IGARSS 2019-2019 IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp.* 3716–3719 (2019) doi:10.1109/IGARSS.2019.8898649.
- ¹⁴ Schwieder, M. *et al.* Mapping Brazilian savanna vegetation gradients with Landsat time series. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* **52**, 361–370 (2016).
- ¹⁵ Aguilera, P. A., Fernández, A., Fernández, R., Rumí, R. & Salmerón, A. Bayesian networks in environmental modelling. *Environ. Model. Softw.* **26**, 1376–1388 (2011).
- ¹⁶ Roy, D. P. *et al.* Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity. *Remote Sens. Environ.* **185**, 57–70 (2016).
- ¹⁷ Briske, D. D. *Springer Series on Environmental Management Rangeland Systems Processes, Management and Challenges.* (Springer International Publishing, 2017). doi:10.1007/978-3-319-46709-2.
- ¹⁸ Hibbard, K. ., Archer, S., Schimel, D. . & Valentine, D. . Biogeochemical changes accompanying woody Plant. *Ecology* **82**, 1999–2011 (2011).
- ¹⁹ Simon, M. F. *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. *PNAS* **106**, 20359–20364 (2009).
- ²⁰ Alofs, K. M. & Fowler, N. L. Loss of native herbaceous species due to woody plant encroachment facilitates the establishment of an invasive grass. *Ecology* **94**, 751–760 (2013).
- ²¹ Cuéllar-Soto, E., Johnson, P. J., Macdonald, D. W., Barrett, G. A. & Segundo, J. Woody plant encroachment drives habitat loss for a relict population of a large mammalian herbivore in South America. *Therya* **11**, 484–494 (2020).
- ²² Van Auken, O. W. Causes and consequences of woody plant encroachment into western North American grasslands. *J. Environ. Manage.* **90**, 2931–2942 (2009).
- ²³ Raymundo, D, Oliveira-Neto, N., Martini, V., Araújo, T.N., Calaça, D., Oliveira, D.C. Assessing woody plant encroachment by comparing adult and juvenile tree components in a Brazilian savana. *Flora* 291: 152060 (2022).
- ²⁴ Klink, C. A. & Machado, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **19**, 707–713 (2005).
- ²⁵ Brown, J. K. & Smith., J. K. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora.* United States Department of Agriculture Forest vol. 2 (2000).

- ²⁶ McLauchlan, K. K. *et al.* Fire as a fundamental ecological process: Research advances and frontiers. *J. Ecol.* **108**, 2047–2069 (2020).
- ²⁷ Araújo, G. M., Barbosa, A. A. A., Arantes, A. A. & Amaral, A. F. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. *Rev. Bras. Bot.* **25**, 475–493 (2002).
- ²⁸ Boaventura, R. S. *Vereda: Berço das Águas*. (Ecodinâmica, 2007).
- ²⁹ Pereira, T. T. C. & Figueiredo, L. de P. S. e. Veredas do Triângulo Mineiro: estudos de solos e significância socioambiental. *Rev. Geogr. Acadêmica* **12**, 138–152 (2018).
- ³⁰ Ramos, M. V. V. *et al.* Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. *Ciência e Agrotecnologia* **30**, 283–293 (2006).

CAPÍTULO 12

PLANTAS MEDICINAIS NA RESERVA ECOLÓGICA DO PANGA E SEUS VISITANTES FLORAIS

*Nagela Bernadelli Sousa Silva
Noemi Chagas Conejo
Ana Luisa de Sousa e Castro Melo
Thayane Nogueira Araújo
Léo Correia Rocha Filho
Luís Carlos Scalon Cunha
Solange Cristina Augusto
Carlos Henrique Gomes Martins*

As plantas medicinais são espécies vegetais que possuem propriedades biológicas relevantes, e constituem-se como uma importante opção terapêutica no tratamento de diversas doenças humanas¹. Estima-se que nos países em desenvolvimento, em considerável parte da população, utiliza-se da medicina tradicional e de plantas medicinais para o tratamento de diversas condições relacionadas à saúde, desempenhando um papel essencial na qualidade de vida das pessoas. Os medicamentos obtidos a partir das plantas medicinais são utilizados como principal recurso terapêutico em muitos países, principalmente aqueles com populações de baixa renda e sistemas de saúde ineficientes². Entretanto, devido à comprovada eficácia dos vegetais e de seus constituintes no tratamento de doenças, o conhecimento sobre suas propriedades medicinais tem sido foco da investigação científica e de sociedades de todo o mundo³.

Ao longo das últimas décadas, houve uma significativa contribuição dos produtos naturais para o desenvolvimento de novos medicamentos. De todos os fármacos aprovados no período de janeiro de 1981 a setembro de 2019, cerca de 49% deles foram inspirados em produtos naturais⁴. Nesse contexto, as plantas têm um papel relevante, uma vez que elas produzem uma diversidade de metabólitos secundários (metabólitos especializados) com potencial farmacológico. É importante destacar, que muitas dessas moléculas são modelos para o desenvolvimento de derivados semissintéticos mais potentes e com menor ou nenhum efeito colateral³⁻⁵.

Os metabólitos secundários produzidos pelos vegetais são substâncias geralmente relacionadas com a adaptação da planta aos seus ambientes e com mecanismos de defesa. O tipo e a concentração dos metabólitos secundários produzidos pelas plantas são determinados pela espécie, genótipo, fisiologia, estágio de desenvolvimento e fatores ambientais durante seu crescimento tais como disponibilidade hídrica e de nutrientes, sazonalidade, temperatura e radiação ultravioleta. Além disso, atividades antropogênicas e ataques de microrganismos, herbívoros e insetos também podem estimular respostas do metabolismo vegetal promovendo alterações qualitativas e quantitativas dentro dos seus constituintes⁶.

As diferentes classes de metabólitos presentes nas plantas podem ser classificadas em três grupos de acordo com suas funções: metabólitos primários representam os compostos diretamente relacionados com a manutenção da vida e crescimento da planta; metabólitos secundários (ou especializados) são os que mediam a interação planta-ambiente; e os hormônios que regulam os processos e metabolismo do organismo vegetal⁷.

Durante décadas, esses conceitos suportaram a teoria e a experimentação em biologia vegetal. Entretanto, limites bioquímicos mais precisos entre as diferentes classes de compostos têm sido objeto de pesquisas. Considerações mais recentes baseadas em experimentos químicos e genéticos, demonstraram que os metabólitos secundários podem agir como reguladores de desenvolvimento, crescimento e defesa. Assim, é possível considerar que os metabólitos secundários atuam também como metabólitos primários podendo ser reintegrados dentro do metabolismo primário da planta⁷. Esses metabólitos podem ser originados das raízes e caules, folhas, flores, frutos e/ou semente das plantas e são divididos em três grupos quimicamente distintos, sendo eles os terpenos (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, sesterpenos e triterpenos), compostos fenólicos (fenóis simples, flavonoides, coumarinas, taninos, cromonas e xantonas, estilbenos, ligninas e lignanas) e compostos contendo nitrogênio (alcaloides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolates)⁸.

A utilização de plantas e de seus constituintes como uma alternativa para o tratamento de diversas doenças humanas é de grande interesse, principalmente no campo das infecções bacterianas e fúngicas⁹. As doenças infecciosas contribuem de forma significativa para o aumento da mortalidade mundial. Estima-se que 700.000 pessoas morrem a cada ano devido a infecções causadas por microrganismos resistentes a múltiplos medicamentos, com previsão de aumento no número de óbitos para 10 milhões por ano até 2050^{10,11}. Na atualidade, a resistência microbiana constitui-se como um grave problema de saúde pública, sendo de extrema importância a busca por novos compostos com atividade antimicrobiana derivados de plantas medicinais, pois além da baixa resistência microbiana a esses compostos, a maioria dos produtos naturais não é tóxico ou apresenta baixa toxicidade para os seres humanos, podendo ser utilizados com segurança¹²⁻¹⁴. De acordo com o levantamento bibliográfico feito por Sen e Samanta (2014)¹⁵, além de agentes antimicrobianos, os produtos naturais podem atuar como agentes anticâncer, anti-inflamatórios, analgésicos entre outros, atuando como um recurso renovável e único para a descoberta de novos medicamentos.

Existem diversas técnicas e ferramentas para a o estudo das plantas medicinais e o isolamento de seus componentes químicos. A identificação de plantas em nível de espécie é realizada através de um exame macroscópico e microscópico da amostra. No entanto, pode haver perda ou danos na amostra após a análise macroscópica, impossibilitando novas análises. Para isso, novos métodos vêm sendo utilizados baseados no genoma da planta¹⁶⁻¹⁸. A análise do DNA da planta foi de extrema relevância para um melhor conhecimento da espécie vegetal e auxiliou na descoberta de diversos metabólitos com propriedades biológicas relevantes, sendo essa análise possível após a descoberta da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)¹⁸. Outra versão do PCR e mais rápida é denominada "Random Amplified Polymorphic DNA", que permite um mapeamento rápido e preciso de populações ainda não identificadas de plantas, determinando os principais genes e enzimas em diversas vias biossintéticas¹⁹. Diversas classes de princípios ativos já foram isoladas de plantas medicinais brasileiras²⁰.

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo, contando com 55.000 espécies de plantas superiores, correspondendo quase 22% do total de plantas existentes no planeta, abrigando um número relevante de espécies com potencial terapêutico²¹. O Cerrado é o bioma brasileiro que possui maior número de plantas vasculares e estruturas vegetais, com mais de 7.000 espécies nativas e extensa diversidade biológicas²². Segundo

Neto e colaboradores (2020)²³, o Cerrado abriga diversas plantas medicinais com ações farmacológicas relevantes, algumas delas conhecidas popularmente e utilizadas pela medicina tradicional, como *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) e *Campomanesia adamantium* (guavira), apresentando ação antidiabética, anti-inflamatória, diurética e antitumoral. Outros exemplos são *Schinus terebinthifolius* (aroeira-vermelha) e *Guazuma ulmifolia* (mutamba) utilizadas no tratamento de úlceras, diarreias, artrite e infecções²³.

Devido a riqueza de espécies vegetais e plantas medicinais encontradas no Cerrado, a Reserva Ecológica do Panga (REP) é uma área promissora para ser estudada e explorada, já que contém tipos fisionômicos de vegetação característicos da região do Cerrado. A Reserva Ecológica do Panga (REP) consiste em uma reserva particular criada em 1986 pela Universidade Federal de Uberlândia, situando-se a cerca de 30 Km do centro da cidade de Uberlândia (Minas Gerais). Constitui-se como uma reserva natural de extrema importância para pesquisas em ambientes naturais e possui uma riqueza de espécies vegetais para serem estudadas tanto do ponto de vista químico quanto biológico²⁴.

Do ponto de vista biológico, temos vários aspectos importantes que podem ser abordados no estudo das plantas, especialmente aqueles relacionados à sua reprodução, como a biologia floral e polinização. A grande maioria das angiospermas depende de agentes biológicos para a realizar a polinização. Estes visitantes florais são atraídos por sinais visuais (cor, forma) ou olfativos (fragrâncias, óleos florais), chamarizes para a coleta de diferentes recursos produzidos pelas plantas, podendo atuar como polinizadores durante suas visitas²⁵. Sabe-se que as abelhas são os principais visitantes florais e polinizadores das angiospermas, pois são dependentes do pólen e néctar produzidos por essas plantas para a alimentação da sua cria, além de outros recursos como resina, fragrâncias e óleos. Além das abelhas, outros visitantes como besouros, moscas, borboletas, mariposas, morcegos, vespas, beija-flores podem atuar como polinizadores. Esses diferentes visitantes são atraídos por características florais distintas como, por exemplo: cor, forma, recurso oferecido, horário de antese e deiscência da antera²⁵.

Os visitantes podem ser também estudados como grupos funcionais ou guildas, de acordo com o tamanho corporal, recurso coletado e níveis de socialidade (no caso das abelhas). Por exemplo, abelhas solitárias podem diferir das sociais quanto as espécies de plantas usadas para coleta de pólen. Assim, além de identificar as espécies de plantas e seus visitantes, pode-se também agrupá-los de acordo com suas funções e as características florais que os atraem.

Nesse capítulo serão abordadas as ações farmacológicas e constituintes químicos das plantas medicinais típicas do bioma Cerrado encontradas na região do Panga, de acordo com um estudo de campo prévio do projeto Plano de Manejo – RPPN Reserva Ecológica do Panga, da Universidade Federal de Uberlândia. Adicionalmente, serão apresentadas informações sobre os visitantes florais e possíveis polinizadores dessas espécies vegetais.

Plantas medicinais e aplicações

As plantas medicinais constituem-se como fonte primária natural mais abundante de compostos ativos que podem ser utilizados no tratamento de doenças¹².

Existem diversas plantas com propriedades medicinais já estudadas e descritas, e algumas delas já são utilizadas pela medicina popular no tratamento de doenças. *Areca catechu* (malaia) é uma planta medicinal que possui diversas ações farmacológicas, entre elas atividade antiparasitária e é utilizada na medicina chinesa no tratamento da dislepsia, constipação, beribéri e edemas²⁶. *Atropa belladonna* (beladona) é uma planta medicinal tóxica associada com a produção de diversos alcaloides dentre eles a atropina e a escopolamina. Os alcaloides de beladona, como são conhecidos, exercem sua ação tóxica ligando-se aos receptores colinérgicos muscarínicos no sistema nervoso. Entretanto, alguns deles são utilizados clinicamente em baixas doses, como por exemplo, a atropina no tratamento de mal de Parkinson²⁷.

Os tipos de componentes químicos das plantas desempenham importante papel na atividade biológica. Os alcaloides isolados de *Prunus persica* e *Cissampelos sympodialis* são conhecidos por alterar a produção de óxido nítrico. Já os alcaloides isolados de *Evodia rutaecarpa* inibem as prostaglandinas E (PGE₂), desempenhando atividade anti-inflamatória²⁸. Luteolina, um flavonoide isolado de *Perilla nankinensis*, também encontrado em outras plantas medicinais, possui propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antialérgicas, suprimindo a infiltração de leucócitos e reduzindo o nível de 6-keto-PGF1a²⁹. Os sesquiterpenos isolados de *Smilanthus sonchifolia* (batata yacon) também atuam como anti-inflamatórios, porém atuando na inibição da produção de óxido nítrico³⁰. *Rheedia longifolia* é uma planta constituída por vários metabólitos com atividade analgésica como emodina, amentoflavona, liginstrazina e puerarina. Além disso, possuem compostos como polifenóis, flavonoides, saponinas, proantocianidina, xantonas e glicosídeos que são conhecidos pelas suas propriedades cardioprotetivas³¹.

Tendo em vista a variedade de plantas medicinais existentes no Brasil e seus constituintes químicos com propriedades biológicas relevantes, alguns fármacos foram descobertos e ainda são utilizados no tratamento de doenças, como a morfina isolada em 1803 por Setürner da planta *Papaver somniferum* (Papoila dormideira), que pode ser utilizada para amenizar a dor visceral até os dias atuais. Dessa mesma planta, em 1932 foi isolada a codeína e em 1948 a papaverina³².

A utilização de plantas para fins medicinais não é exclusiva do ser humano, mas também de diversas espécies animais, como felinos e primatas, que possuem hábitos de ingerir espécies vegetais para a profilaxia ou cura de doenças. A importância dos produtos naturais no desenvolvimento de novos fármacos é de extrema importância principalmente na era da resistência microbiana e o surgimento de novas doenças. No Brasil, um país que possui cerca de 25% da biodiversidade do planeta, o setor de desenvolvimento de fármacos ainda é ineficiente, necessitando de profissionais qualificados, que tenham o interesse na pesquisa, desenvolvimento e inovação, principalmente na área dos fitoterápicos³³.

A riqueza de espécies medicinais na reserva ecológica do Panga

A Reserva Ecológica do Panga contém diversos tipos fisionômicos de vegetação, abrigando plantas e árvores de grande e pequeno porte. Segundo Costa e Araujo (2001)³⁴, em 1,68ha, podem ser encontradas 3.137 indivíduos arbóreos distribuídos em 107 espécies de plantas e 43 famílias. Dessas, 50 plantas possuem propriedades

medicinais, de acordo com um levantamento bibliográfico feito por professores da Universidade Federal de Uberlândia, sendo selecionadas para serem abordadas neste capítulo. Na Tabela 1 são listadas as 50 plantas medicinais encontradas na Reserva Ecológica do Panga, suas principais classes de compostos e sua ação farmacológica.

Tabela 1. Plantas medicinais encontradas na região do Panga e sua composição química

<i>Família</i>	<i>Gênero e espécie</i>	<i>Compostos químicos (classe)</i>	<i>Referências</i>
Asteraceae	<i>Acanthospermum australe</i>		
	<i>Achyrocline alata</i>		
	<i>Achyrocline satureioides</i>		
	<i>Ageratum conyzoides</i>	Flavonoides, saponinas, taninos, ácidos fenólicos, flavonoides, triterpenoides e	[35-52]
	<i>Elephantopus mollis</i>	Esteroides	
	<i>Emilia sonchifolia</i>		
	<i>Mikania cordifolia</i>		
<i>Tagetes minuta</i>			
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i>	Flavonoides, triterpenoides e tetraterpenoides	[53,54]
Anacardiaceae	<i>Anacardium humile</i>	Flavonoides, triterpenos, monoterpenos	[55,56]
Bignoniaceae	<i>Anemopaegma arvense</i>	Terpenos, fenóis, flavonoides e taninos	[35, 57,58]
	<i>Tabebuia aurea</i>		
Annonaceae	<i>Annona crassifolia</i>		
	<i>Annona coriacea</i>	Flavonoides e compostos fenólicos	[35, 59-65]
	<i>Xylopia aromatica</i>		
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia esperanzae</i>	Compostos fenólicos e sesquiterpenos	[35, 66,67]
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>		
	<i>Andira humilis</i>		
	<i>Bauhinia unguolata</i>		
	<i>Bowdichia virgiloides</i>	Terpenos, compostos fenólicos, saponinas, flavonoides, taninos, glicosídeos, proantocianidinas e antocianidinas	[35, 68-90]
	<i>Copaifera langsdorffii</i>		
	<i>Dimorphandra mollis</i>		
	<i>Hymenaea courbaril</i>		
<i>Stryphnodendron adstringens</i>			
Moraceae	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	Flavonoides	[91-93]
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>	Flavonoides, triterpenos, taninos e saponinas	[94-99]
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	Flavonoides, compostos fenólicos e taninos.	[100-106]
Cucurbitaceae	<i>Ceyponia espelina</i>	Flavonoides e compostos fenólicos	[107]
Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>	Compostos fenólicos, saponinas	[108-111]
	<i>Coutarea hexandra</i>	triterpenos, flavonoides e taninos	
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i>	Flavonoides, compostos fenólicos e polissacarídeos	[112-118]

Tabela 1: Continuação

Família	Gênero e espécie	Compostos químicos	Referências
Alismataceae	<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Compostos fenólicos e flavonoides	[119-121]
Equisetaceae	<i>Equisetum giganteum</i>	Compostos Fenólicos	[122-124]
Amaranthaceae	<i>Gomphrena macrocephala</i> <i>Gomphrena officinalis</i>	Compostos fenólicos e triterpenos	[125,126]
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> <i>Cedrela odorata</i>	Sesquiterpenos, diterpeno, triterpenos e esteróides	[127-131]
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Flavonoides e taninos.	[132-139]
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Sesquiterpenos, triterpenoides	[140-145]
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	Compostos fenólicos e flavonóides.	[146-147]
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i>	Compostos fenólicos, flavonoides, monoterpênos e sesquiterpenos	[148-152]
Piperaceae	<i>Piper aduncum</i>	Monoterpenos, sesquiterpênicos e fenilpropanoides	[153-158]
Bursaceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	Terpinoleno e terpenos, monoterpênos e sesquiterpênicos	[159-162]
Smilacaceae	<i>Smilax brasiliensis</i>	Ácidos clorogênicos, flavonoides e fenilpropanoides	[163,164]
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>	Flavonoides, taninos, triterpeno, esteroides, cumarinas e alcaloides	[165-168]
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Cumarinas	[169]
Costaceae	<i>Costus spiralis</i>	Flavonoides	[170]
Solanaceae	<i>Solanum lycocarpum</i> <i>Solanum paniculatum</i>	Alcaloides, flavonoides, ácidos hidroxicinâmicos e clorogênicos	[171-172]

As plantas medicinais podem ser utilizadas no tratamento de diversas doenças e seus constituintes químicos com várias propriedades biológicas, podem ser encontrados em estruturas específicas das plantas, como flores, frutos, caule e raiz. Além disso, essas plantas medicinais brasileiras podem ser conhecidas por diversos nomes populares, já que são utilizadas como fitoterápicas na medicina popular. Abaixo estão descritas as famílias, gêneros e espécies de plantas medicinais encontradas na região do panga, abordando quais classes químicas/metabólitos secundários estão presentes nessas espécies, nomes populares e outras características relevantes fitoterápicas de cada uma.

Caracterização das espécies medicinais encontradas na reserva ecológica do Panga

Família Asteraceae: *Acanthospermum australe*, *Achyrocline alata*, *Tagetes minuta*, *Mikania cordifolia*, *Elephantopus mollis* e *Emilia sonchifolia*, *Ageratum conyzoides*

Acanthospermum australe

Acanthospermum australe é uma planta que pode ser encontrada em solos agrícolas, principalmente os originados de campos e Cerrados de textura mais arenosa, em pastagens e terrenos baldios e é popularmente conhecida no Brasil como carrapichinho, carrapicho-decarneiro, carrapicho-rasteiro, amor-de-negro, mata-pasto, picão-da-praia e maroto¹³¹.

Os ramos de *A. australe* são empregados na medicina tradicional brasileira na forma de chás por infusão ou decocção, sendo utilizada como tônica, diaforética, eupéptica, vermífuga, antidiarréica, antimalárica, aromática, antiblenorrágica, febrífuga e antianêmica. Seu uso externo, na forma de banho, é indicado contra dores lombares, renais ou nos membros, úlceras, feridas e micoses^{35,131}.

Acanthospermum australe pode ser usada também para o tratamento de reumatismos e artrites por via oral, além do uso externo em inchaços e hemorragias. Possui como principais constituintes químicos, os compostos fenólicos, flavonoides, saponinas, taninos, dentre outras classes³⁶.

Achyrocline alata

Achyrocline alata é nativa do Cerrado, e pode ser encontrada principalmente na região de Campos Altos, Minas Gerais¹⁷³. É popularmente conhecida como macela, marcela, macela-miúda, macela-do-campo, macelinha, paina, alecrim-de-parede, camomila-nacional e jatei-ka-há¹³¹.

São compostas por flavonoides, terpenoides (sesquiterpenos e monoterpenos), carotenoides, cumarinas, esteroides e polissacarídeos¹⁷³. Já foram identificadas 30 substâncias químicas no óleo essencial de macela (*A. alata*), tanto nas inflorescências como nos ramos. A principal substância química descoberta foi α -pineno, tanto nas inflorescências (58,96%) como nos ramos (46,53%), seguida de β -cariofileno e α -humuleno¹⁷³.

Essa planta possui diversas ações farmacológicas comprovadas, possuindo propriedades digestivas, analgésicas, antiulcerogênica gástrica, antiespasmódica, antiviral, anti-inflamatória e carminativa¹⁷³.

Achyrocline satureioides

É conhecida popularmente como macela, marcela-do-campo, camomila-nacional, dentre outros. Cresce espontaneamente em pastagens, beira de estradas e cerrado ralo¹⁷⁴. É composta por flavonoides^{174,175}.

Tagetes minuta

O gênero *Tagetes* é composto por 56 espécies, sendo 27 anuais e 29 perenes^{14,176-178}. São encontradas na região do Cerrado, mais especificamente no Rio Grande do Sul, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga e em aldeias indígenas. *T. minuta* é conhecida por chinchilho, cravode-defunto, chinchila, picão-do-reino, rojão, cravo, coari-bravo, cravo-de-viúva, cravo-bravo, cravo-de-anjo, chilchita, chil-chil, chinchila e manzanilla de La sierra suico. A floração ocorre principalmente no final do verão, atraindo as abelhas¹³¹.

Possui seis principais componentes químicos, sendo eles β -felandreno, limoneno, β -ocimeno, di-hidrotagetona, tagetona e tagetenona. É rica em óleos essenciais com composição variada de acordo a parte da planta seu estágio de crescimento, chegando a 42,9% de dihidrotagetona nas folhas de plantas não floridas, enquanto no óleo essencial de flores possui 45,4% de β -ocimeno e 32,9% de tagetenona¹⁷⁶.

As folhas de *T. minuta* são usadas como repelente de pulga e para o controle de carrapatos bovinos, com atividade antioxidante e anti-inflamatória⁴³⁻⁴⁵.

Mikania cordifolia

Mikania cordifolia é encontrada na Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e no Nordeste, mais especificamente no Ceará. É nativa de áreas abertas ou semisombreadas, possuindo flores de cor esbranquiçada e frutos com tufo de pelos em uma das extremidades. Devido a essa peculiar característica, é conhecida como cipó-cabeludo, cipó-catinga, cipó-sucuriçu, dentre outras nomeações¹³¹.

O óleo essencial de *M. cordifolia* é rico em α -pineno, sabineno, β -pineno, myrcene, limonene, espatulenol, dentre outros⁴⁶ e vem sendo empregado como agente anti-inflamatório, antiparasitário, antiasmático, antirreumático, analgésico e antitérmico¹³¹.

Elephantopus mollis

A planta *E. mollis* é bastante utilizada no auxílio da menopausa, cólicas e nas colites, por meio de chás feitos com a folha e raiz. É composta por molefantinina, ácido betulínico, magnolol, honokiol, ftalato dibutílico, tricina, entre outros, que auxiliam na eliminação de radicais e possuem propriedades antibacterianas¹⁷⁹. Possuem flavonoides e triterpenos, bem como sesquiterpenos com propriedades antitumorais¹³¹.

Pode ser encontrada em todo o Brasil, crescendo de forma espontânea em pastagens, beiras de estradas e terrenos baldios, sendo considerada uma planta daninha. Suas raízes em decocção podem ser utilizadas como fonte substâncias tônicas, diuréticas, antitérmicas e antimicrobianas. Também pode ser utilizada contra herpes e para a eliminação de cálculos renais. Já as folhas utilizadas na forma de chá agem como emoliente, sudorífica, anti-sifilítica e anti-reumática. Também pode ser relevante no tratamento de gripes e resfriados, catarro pulmonar, feridas, coceiras e bronquite. Em feridas, é recomendada a fricção da folha seca para auxiliar a cicatrização¹³¹.

Emilia sonchifolia

Emilia sonchifolia, pertencente à família Asteraceae sendo popularmente conhecida por falsa-serralha algodão de preá, bela Emilia, falsa-serralha, pincel, dentre outros. Ao contrário da serralha verdadeira (*Sonchus oleraceus*) é desprovida de látex em seus tecidos^{131, 180}.

É uma espécie vegetal frequentemente encontrada em regiões tropicais e subtropicais, considerada como planta invasora presente em quase todo território brasileiro, a qual realiza dispersão por sementes em áreas agrícolas, terrenos baldios e áreas urbanas, possuindo amplo uso na medicina popular em casos de inflamações, cortes, feridas, convulsões, reumatismo e mordidas de insetos^{181,32}. É também utilizada como alimento refogadas como saladase e o chá das folhas é indicado contra asma, bronquite asmática, gripes, resfriados, dores no corpo, faringite e amigdalite. Para tratamento de feridas, pruridos, chagas e escaras seu uso é recomendado na forma de compressas preparadas com três folhas amassadas no pilão, misturadas e embaladas em uma gaze para aplicação no local¹³¹.

Os principais constituintes encontrados em *E. sonchifolia* são fenólicos, β -sitosterol, estigmasterol, ácido palmítico, saponinas, flavonoides, além de óleos essenciais^{131,32}.

Ageratum conyzoides

Ageratum conyzoides é encontrada em áreas de Cerrado, por ser uma planta medicinal, é cultivada em escala familiar. É conhecida por cacália-mentrasto, camará-opela, catinga-de-barão, dentro outros. Tem ação inseticida, antiprotozoária, anti-inflamatória, antinociceptiva, antiespasmódica, estomática, e pode ser utilizada também para cólicas uterinas e emenagoga¹⁸². Além disso, possui propriedades hemostáticas e cicatrizantes de ferimentos. As folhas são ricas em óleo essencial composto por β -cariofileno e precocenos I e II. As sementes fornecem 14% de óleo fixo que contém ácidos graxos livres, mono, di e triglicerídeos, ceras e hidrocarbonetos. É composta por flavonoides, precoceno I, β -cariofileno, α -cariofileno, germacreno D, esteroides, ácido cafeico, quercetina, glicosídeos, flavonas e canferol. Já foram isolados também os alcaloides licopsamina e equinatina nas flores, que atuam como atraente para hemípteros polinizadores, que os absorvem e utilizam como defesa. Também possui ação analgésica sendo usada contra dores crônicas, juntamente com algum anti-inflamatório¹³¹.

Família Amaranthaceae: *Alternanthera brasiliana*

Alternanthera brasiliana, pertence à família Amaranthaceae, é uma espécie herbácea perene que se desenvolve nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, vegetando em áreas com solos drenados ou encharcados ocupados por lavouras anuais ou perenes. Popularmente conhecida por perpétua, penicilina e terramicina¹⁸³⁻¹⁸⁵. Essa planta é usada para fins medicinais no sul do Brasil, sua composição é caracterizada por flavonoides, hidrocarbonetos, triterpenos, diterpenos, monoterpenos, vitaminas, derivados de carotenoides e fitoesteróis⁵³. São diversas suas aplicações farmacológicas, dentre elas anti-inflamatória, cicatrizante, antinociceptivos, através de extratos com calos cultivados em meios contendo maiores concentrações do regulador de crescimento ácido 2,4-diclorofenóxiacético (2,4-D)^{53,54}.

Família Anacardiaceae: *Anacardium humile*

Anacardium humile, da família Anacardiaceae, é conhecida popularmente como cajuzinho do Cerrado no Brasil. Um dos lugares que se pode encontrar esta planta é em Montes Claros, Norte de Minas Gerais, no Brasil¹⁸⁶. As folhas e a casca de *A. humile* vêm sendo utilizadas na medicina popular como uma opção de tratamento para úlceras e gastrites, e também nos distúrbios intestinais e lesões cutâneas^{187,188}. Já foram identificados os seguintes compostos na *A. humile*: derivados do ácido gálico, catequinas e flavonoides (flavonoides glicosídeos e bi flavonoides)¹⁸⁸.

Família Fabaceae: *Anadenanthera colubrina*, *Copaifera langsdorffii*, *Dimorphandra mollis*, *Hymenaea courbaril*, *Bowdichia virgiloides*, *Stryphnodendron adstringens*

Anadenanthera colubrina

Anadenanthera colubrina, pertencente à família Leguminosae, é encontrada no Brasil, está localizada numa faixa compreendida desde o Maranhão até São Paulo, passando por Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, sendo uma das espécies lenhosas típicas do bioma Caatinga¹³¹. Popularmente essa planta é conhecida pelos nomes

angico, angico-de-caroco, angico-vermelho, angico-do-campo, angico-preto, arapiraca e angico-de-casca¹⁸⁹. Na casca e em partes aéreas da planta foram encontrados flavonoides, substâncias aromáticas, terpenoides e esteroides¹⁹⁰.

Copaifera langsdorffii

Copaifera langsdorffii, pertencente à família Leguminosae Ceasalpinoidae (Caesalpiniceae), popularmente conhecida como copaíba é uma espécie nativa em regiões tropicais da América Latina e está amplamente distribuída no Cerrado brasileiro e em outras florestas^{191,192}. Esta planta tem grande importância na medicina tradicional popular, pois é amplamente utilizada em mais de 14 categorias de tratamentos corporais e 55 distúrbios de saúde¹⁹³.

Foram encontrados nos óleos essenciais da folha de *C. langsdorffii* 17 compostos sendo 13 sesquiterpenos não oxigenados e quatro sesquiterpenos oxigenados, dentre eles os principais compostos foram germacreno D, β -cariofileno, biciclogermacreno, espatulenol, óxido de cariofileno e α -cadinol. Em um estudo, derivados do ácido galoilquínico encontrados nas folhas de *C. langsdorffii* apresentaram atividade gastroprotetora em comparação com pantoprazol, corroborando com os usos populares desta planta⁷¹.

Dimorphandra mollis

Também chamada de barbatimão de folha miúda, faveiro e falso-barbatimão⁷², é uma planta que pode ser encontrada nos estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e São Paulo, sendo característica do Cerrado³². Em um estudo científico foi comprovado que o pericarpo do fruto pode ser utilizado popularmente para o tratamento de úlceras devido às suas propriedades anti-inflamatória e cicatrizante^{131,72}. Essas propriedades são relacionadas principalmente com a composição química das cascas e do pericarpo dos frutos de *D. mollis*, que são representadas basicamente por flavonoides, principalmente, rutina e quercetina¹³¹.

Hymenaea courbaril

É popularmente conhecida no Brasil como “jatobá”, caracterizada por ser uma árvore cujas folhas, raízes, frutos e principalmente a casca do caule são tradicionalmente empregadas na medicina popular por meio de infusões e decocções para tratar anemia, problemas renais, dor de garganta e doenças das vias aéreas, como bronquite e asma¹³¹.

Os compostos químicos encontrados dos óleos essenciais da casca dos frutos maduros e verdes de *H. courbaril*, são sesquiterpenos, α -copaeno, espatulenol e β selineno⁷⁶.

Andira humilis

É uma espécie que se origina no Cerrado, Cerrado ralo e Cerrado rupestre, distribuindo-se pelo Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e São Paulo⁷⁹. Popularmente é conhecida como angelim rasteiro, angelim-do-campo ou mata-barata¹³¹.

Os extratos do caule e das folhas de *A. humilis* possuem taninos, que foram relacionados com potencial alelopático, promovendo alterações na germinação e no crescimento de alface e rabanete⁷⁹. Foram isolados das raízes de *A. humilis* oito

isoflavonoides, compreendendo três isoflavonas, quatro glicosídeos de isoflavona e um isoflavanona, além de um flavonol e seu derivado glicosilado⁸⁰.

Bowdichia virgiloides

Bowdichia virgiloides é uma árvore popularmente conhecida como sucupira. Sua origem é no Cerrado brasileiro. Por meio de estudos foi encontrado um inibidor de tripsina tipo Kunitz na planta *B. virgiloides*, permitindo apontar aplicações relacionadas a essa inibição, como em embalagens de alimentos ativos, uma vez que esses inibidores de peptidase são capazes de inibir a proliferação de pragas e microrganismos. O óleo essencial da raiz de *B. virgiloides* foi analisado por cromatografia e os principais compostos encontrados foram 2-tridecanona, 4-etil-2-metoxifenol e 2-pentadecanona⁸¹.

Stryphnodendron adstringens

É conhecida como barbatimão, casca da mocidade, entre outros¹³¹. Possui diversas ações farmacológicas¹⁹⁴ importantes como ação hipotensiva¹⁹⁵, antifúngica¹⁹⁶⁻¹⁹⁸, anti-inflamatória¹⁹⁸, antiprotzoária¹⁹⁹ e antiviral²⁰⁰. De acordo com Lorenzi (2002)¹³¹, um medicamento preparado a partir da casca de *S. adstringens* já vem sendo prescrito por médicos de um hospital de câncer em Jaú-São Paulo, para evitar queimaduras resultantes das sessões da radioterapia¹³¹. Também é indicado o chá da sua casca para hemorragias uterinas, aplicando de forma direta nos ferimentos, bem como corrimento vaginal e feridas ulcerosas. Possui como principais constituintes químicos os taninos, flavonoides, açúcar, alcaloides, além de um corante vermelho²⁰¹.

Bauhinia unguolata

Possui como principais constituintes químicos os flavonoides, fenóis e taninos. Possui atividade cicatrizante, antioxidante e anti-inflamatória⁹⁰. Além disso, reduzem a glicemia e os níveis de colesterol e triglicérides¹³¹.

Família Bignoniaceae: *Anemopaegma arvense* e *Tabebuia aurea*

Anemopaegma arvense

Anemopaegma arvense é encontrada no Cerrado, na região de Botucatu, no estado de São Paulo, conhecida na região como catuaba ou verga-tesa. Tem atividades biológicas relacionadas à estimulação do sistema nervoso, atividade anti-inflamatória e antineoplásica, através de triterpenos e ácido ursólico, que possui baixa toxicidade em humanos⁵⁷. Em um estudo com o extrato acetato de etila da casca do caule de *A. arvense* foram isolados os flavan-3-óis-fenilpropanóides cinchonaina Ia, cinchonaina IIa e kandelina A1, onde todos evidenciaram atividade antioxidante⁵⁷.

Tabebuia aurea

É encontrada em áreas de Cerrado, Caatinga, Floresta Amazônica e Pantanal, sendo manuseada para fins ornamentais, medicinais, construção civil, carpintaria e produção de carvão. Essa planta é popularmente conhecida por caraíba, carnaúba-do-campo, caroba-do-campo, ipê, ipê-do-cerrado, entre outros nomes populares^{131,193}.

Na medicina tradicional, *T. aurea* é uma planta medicinal que atua como antiofídico devido à sua aplicação no tratamento de picadas de cobra, através da mastigação, infusão, maceração com álcool ou aplicação tópica de sua casca de caule

para tratar a dor angustiante provocada pelo veneno inoculado. É composta por ácido gálico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido cafeico, catequina, epicatequina, quercetina, dentre outros⁵⁸.

Família Annonaceae: *Annona crassifolia*, *Xylopia aromatica* e *Annona coriacea*

Annona crassifolia

Annona crassifolia é popularmente conhecida como “araticum-do-cerrado”, “ariticum”, “articum”, “marolo”, “bruto”, “cabeça-de-negro”, “cascudo”, “panã”, “pinha-do cerrado” e “pasmada”^{60,61}. É uma árvore nativa do Cerrado brasileiro, vastamente distribuída por todo o bioma englobando os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Tocantins, Goiás, Maranhão, Piauí, Pará e Distrito Federal²⁰².

Em um estudo científico, um estudo da casca da fruta de *A. crassifolia*, revelou 142 fitoquímicos pertencentes a diferentes classes, incluindo 5 ácidos orgânicos, 3 jasmônatos, 33 ácidos fenólicos, 73 flavonoides, 6 outros fenólicos e 21 acetogeninas anonáceas⁶⁰.

Annona coriacea

Conhecida como marolo, seus frutos são utilizados pela população e vendidas em feiras populares. A polpa dos frutos de *A. coriacea* é composta por taninos, vitamina A e C⁵⁹. Pode ser utilizada via oral no tratamento de doenças provocadas por helmintos, além de ser considerada antirreumática. Também pode ser utilizada no tratamento de doenças estomacais, em nevralgias e dores de cabeça. Pode ser utilizada na forma de compressas diretamente sobre feridas¹³¹.

Xylopia aromatica

Pode ser encontrada no Cerrado⁶⁵, nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Centro Sul no Brasil. Ela é conhecida popularmente como pimenta de macaco, pindaíba e banana de macaco. As folhas de *X. aromatica* contêm óleos essenciais compostos principalmente de sabene, β -pineno, mirceno, limoneno, ocimeno, germacreno D e B, biciclogermacreno, espatulenol e globulol⁶⁵.

Este gênero produz uma variedade de metabólitos incluindo alcaloides, amidas, lignoides, acetogeninas e terpenoides, compostos esses que apresentam uma vasta variedade de propriedades biológicas com destaque para antitumoral, antiparasitária, antimicrobiana, inseticida e antimalária²⁰³.

Família Aristolochiaceae: *Aristolochia esperanzae*

É encontrada na América do Sul e conhecida popularmente por cipó-mil-homens. Em um estudo fitoquímico do caule (cerne e cascas) de *A. esperanzae*, foi encontrado asarinina, ácido pupulifólico, ácido 2-oxo-pupulifólico, ácido aristolóquico II, aristolactama AII, aristolactama AIA, (8R,8'R,9S)-cubebina ou β -cubebina, ácido aristolóquico I, sitosterol-3-O- β -D-glicopiranosídeo e estigmastan-3,5,22-trieno²⁰⁴.

Essa planta tem propriedades farmacológicas que podem ser usadas nos casos de infecções/inflamações causadas por artrite reumatoide⁶⁷. Além disso, esta planta possui propriedades de antisséptica, sedativa, antifebril, diurética, dentre outras⁶⁶.

Família Moraceae: *Brosimum gaudichaudii*

As plantas da família Moraceae, mais especificamente o gênero *Brosimum*, são frequentemente encontradas na amazônia brasileira e mata atlântica, sendo a *Brosimum gaudichaudii*, a única espécie desse gênero de plantas encontrada na região do Cerrado⁹². Os frutos dessa espécie, conhecida como inharé ou mama-cadelasão são utilizados como alimento, devido ao seu sabor acocidado.

Estudos científicos vêm demonstrando a presença de compostos fenólicos em diversas estruturas da planta, incluindo as partes reprodutoras⁹³. Os derivados de furocoumarina (xantiletina, psoraleno, bergapteno ou 5-metoxipsoraleno), luvangentine e gaudichaudiona, presentes principalmente na casca da planta⁹¹, vem apresentando atividade biológica contra doenças relacionadas à pele, como vitiligo, por conta das suas propriedades fotossensibilizantes e fotoquimioterapêuticas, porém *B. gaudichaudii* possui outras aplicações farmacológicas, podendo atuar como um produto antioxidante, antihelmintico, antimicrobiano e antitumoral⁹².

Brosimum gaudichaudii também é de grande interesse para o desenvolvimento econômicos do país, já que sua madeira é utilizada na construção civil e na indústria de papel, e o látex coletado dessa planta é comercializado. O látex, definido como uma suspensão leitosa e estável é utilizada pela planta como proteção a insetos herbívoros, mas possui bioativos como compostos alcaloides, terpenos, compostos fenólicos e proteínas, que podem ser estudados como base para medicamentos fitoterápicos⁹¹.

É comum encontrar em feiras livres, preparações caseiras vendidas em garrafas, onde o órgão vegetal é macerado e engarrafado juntamente com mel e vinho seco para ser administrado via oral²⁰⁵.

Família Malpighiaceae: *Byrsonima intermedia*

Byrsonima intermedia é uma planta pertencente à família Malpighiaceae, popularmente conhecida como murici-pequeno, murici-do cerrado ou cajuzinho do cerrado, nome dado por indígenas de aldeias Tupis Guarani⁹⁹. É nativa do Cerrado brasileiro, encontrada principalmente na região do Alto Rio Grande, no estado de Minas Gerais. O chá de suas cascas e folhas é utilizado pela medicina popular para o tratamento de desenteria e diarreia, dores no estômago, asma, infecções de pele, tuberculose, febre e como diurético⁹⁹. Possui como constituintes químicos flavonoides, dentre eles catequina, quercetina e amentoflavona⁹⁴⁻⁹⁹. Os compostos fenólicos dessa planta também possuem propriedades biológicas relevantes para o sistema cardiovascular, contra doenças cardíacas⁹⁶. Os extratos de *B. intermedia* também possuem efeito nociceptivo e anti-inflamatório. Além disso, os extratos hidroetanólicos obtidos das folhas demonstram atividade gastroprotetora⁹⁵.

Família Urticaceae: *Cecropia pachystachya*

O gênero *Cecropia* é encontrado em áreas úmidas e de clima tropical, principalmente na América Central e América do sul. A espécie *C. pachystachya*, pode ser encontrada em todo o Brasil, sendo objeto de estudo de várias pesquisas sobre fitoterápicos, com foco em suas folhas e extratos polares. Conhecida popularmente

como embaúba de prata, essa árvore é encontrada principalmente na região sudeste do Brasil, e é utilizada no tratamento de doenças respiratórias, bem como para diarreias¹⁰⁰. Além disso, sua atividade hipoglicêmica, anti-inflamatória, e leishmanicida¹⁰¹, cicatrizantes e anti quórum-sensing¹⁰² já foram relatadas.

Possui como componentes químicos os ácidos clorogênicos, iridoídeos glicosilados, proantocianidinas, ácidos orgânicos, flavan-3-ols e flavonoides glicosilados¹⁰⁶. Os flavonoides tem potencial para atuar como antioxidantes, sendo capazes de eliminar radicais livres. Assim, podem atuar como medicamentos complementares para o tratamento de doenças degenerativas, além de resultarem em efeitos antidepressivos. Os componentes flavonoides são os principais componentes químicos de *C. pachystachya*, sendo de grande interesse farmacêutico¹⁰⁵.

Família Meliaceae: *Cedrela odorata*

Cedrela odorata é uma planta medicinal nativa do Brasil, pertencente à família Meliaceae, conhecida popularmente como cedro, cedro branco e cedro vermelho. Pode ser utilizada para o tratamento de ferimentos, inflamações, hemorroidas, malária, bem como no tratamento de doenças estomacais como úlcera. Também já foi relatada a sua atividade antifúngica, antibacteriana, anti-Leishmania, antitripanossoma, entre outras. É administrada pela população via oral, através da maceração da casca do caule. Os principais componentes químicos encontrados nessa planta são ácido gálico, galocatequina e compostos fenólicos- catequina¹³¹.

Família Cucurbitaceae: *Ceyponia espelina*

Possui flavonoides e compostos fenólicos em sua composição. Apresenta ação antioxidante, antitumoral e antimicrobiana¹³¹.

Família Rubiaceae: *Chiococca alba* e *Coutarea hexandra*

Chiococca alba

É uma planta encontrada em regiões tropicais e subtropicais. A infusão de suas raízes tem sido utilizadas pela medicina popular no tratamento de diversas doenças devido sua atividade anti-reumática, diurética, anti-inflamatória, antiviral e antitérmica. Até os anos 90, os profissionais de saúde no Brasil prescreviam um medicamento contendo o extrato etanólico das raízes de *C. alba*, juntamente com o extrato de *Polypodium lepidopteris* para o tratamento de reumatismo. Na Amazônia ocidental, indígenas empregavam suas flores perfumadas ou raízes fervidas com água para o preparo de chá, eficaz como purgativo e diurético. O suco obtido por decocção de frutos pode ser utilizada também como purgativo¹³¹.

Possui como componentes químicos lignanos, cumarinas, cetoálcoois, triterpenos e um glicosídeo glicuronídeo¹⁰⁸. Além disso, já foram identificadas saponinas, que são responsáveis por um aumento da resposta humoral²⁰⁶.

Coutarea hexandra

A espécie *C. hexandra* é uma planta nativa do Brasil, conhecida popularmente como quina e é utilizada para o tratamento de malária, ferimentos e infecções. Alé,

disso, atua como agente antitérmico, diurético, além de atuar como anti-inflamatório e antinocepsivo¹¹⁰. Sua casca é amarga e tônica e pode ser utilizada para o tratamento do paludismo, feridas e inflamações. Sua casca cozida também pode ser utilizada contra cálculos biliares, bem como para amenizar as dores da vesícula decorrentes da sua inflamação¹³¹. É composta principalmente por cumarinas, taninos e neoflavonoides, responsáveis pelas propriedades biológicas da planta ¹¹⁰.

Família Euphorbiaceae: *Croton urucurana*

Croton urucurana é uma árvore conhecida popularmente como sangra-d'água, que possui ação antiinflamatória, cicatrizante, analgésica, além de ser utilizada no tratamento da gastrite, úlcera, dores nas costas, anemia, bronquite, asma e antibiofilme ^{115,116}. É comumente encontrada na cidade de Mato grosso do Sul, sendo o látex extraído dessa planta, utilizado para o tratamento de câncer¹¹⁷. Durante séculos, os indígenas utilizam a seiva para tratar ferimentos e estancar sangramentos, auxiliando na cicatrização e evitando infecções. Além disso, *C. urucurana* possui atividade antibacteriana, anti-hemorrágica, antisséptica, anti-inflamatória, antiviral, cicatrizante e hemostática.

Os Estados Unidos já registraram patente para a utilização de substâncias extraídas dessa planta para o tratamento de doenças respiratórias e ferimentos e inflamações decorrentes de doenças virais, como a herpes.¹³¹.

Os principais constituintes químicos desta planta são principalmente taninos, lignanas e alcaloides denominado taspina, com propriedades antiinflamatórias, além de antioxidantes, além de propriedades cicatrizantes, que foram atribuídas a dois componentes, dimetilcedrusina e alcaloide taspina¹³¹.

Família Alismataceae: *Echinodorus grandiflorus*

Conhecida como chapéu-de-couro, chá-de-campanha ou erva-do-brejo, essa espécie é utilizada como substância diurética e hipotensiva. Possui como principais constituintes químicos os alcaloides, taninos, terpenoides, e saponinas. Porém, os principais componentes são polifenólicos, que incluem os flavonoides e taninos²⁰⁷. Muitos ácidos e derivados já foram isolados de *E. grandiflorus*, como ácido cafeico e ferúlico, sendo esse último um dos ácidos mais abundantes na espécie, que por sua vez possui propriedades antioxidantes e é utilizado no tratamento de doenças cardiovasculares, trombozes e câncer. A atividade antioxidante do ácido ferúlico está relacionado à sua capacidade de eliminar radicais livres. De forma feral, a atividade antioxidante dos compostos fenólicos está relacionada com seu grupo hidroxila, que também age inibindo as principais enzimas inflamatórias, com o objetivo de evitar a liberação de moléculas envolvidas na cascata de inflamação ^{207, 208}.

Família Equisetaceae: *Equisetum giganteum*

Equisetum giganteum é utilizada pela medicina popular como um medicamento antidiabético, principalmente na região do Rio grande do Sul. É encontrada nas margens de lagos e ambientes pantanosos, sendo conhecida popularmente como cavalinha, cavalinha gigante, rabo de cavalo do pântano, milho de cobra, rabo de grama carnudo,

bengala de crocodilo, lixa-de-planta, entre outros¹³¹. Além auxiliar na prevenção da Diabetes mellitus, *E. giganteum* possui propriedades anti-inflamatórias, antibiofilme, antiviral, antimicrobiana, sedativa, hepatoprotetiva e antipasmódica^{122,123}.

Seus principais componentes químicos consistem em flavonoides e compostos fenólicos. Entre os metabólitos secundários destacam-se os alcaloides piridínicos, nicotina, palustrina, glicosídeos, flavonoides de apigenina, quercetina e kaempferol, e diversos ácidos como ácido caféico e tartárico. Os compostos polifenóis atuam como agente hipoglicemiante, exercendo atividade inibitória sobre a enzima aldose redutase (responsável pela catarata diabética), atuando também na agregação plaquetária¹³¹.

Família Amaranthaceae: *Gomphrena macrocephala* e *Gomphrena officinalis*

Gomphrena macrocephala

É uma planta nativa do Brasil, comumente utilizada como tônico e estimulante no estado de Minas Gerais. Seus frutos são açucarados contendo glicose, frutose e sacarose, comumente ingeridos pela população local¹³¹.

Gomphrena officinalis

Gomphrena officinalis é conhecida popularmente como paratudo e é extensivamente utilizada como substância tônica e estimulante¹²⁶. É composta principalmente por saponinas e ecdisterona¹³¹.

Família Meliaceae: *Guarea guidonia*

É conhecida popularmente como canjarana, sendo encontrada em regiões tropicais e subtropicais do Brasil. É utilizada como tratamento contra artrite reumática, gonorreia, enquanto que a casca do caule é usada como medicamento abortivo e antipirético¹²⁹. Os frutos dessa planta possuem diversas propriedades biológicas relevantes à saúde. Além disso, os frutos possuem atividades anti-inflamatórias e anticâncer¹²⁷.

Seu tronco é amargo e são atribuídas propriedades como antitérmica e abortiva. Já a casca da raiz, além de ter as mesmas propriedades, é utilizada contra hidropsia e gota, na forma de banhos para o alívio de inflamações de origem artrítica e traumática. As suas sementes masceradas em bebidas alcóolicas também são utilizadas para tratamento de artrose e traumas decorrentes de quedas, enquanto que a infusão das suas folhas tem ação purgativa. A casca da raiz é composta por triterpenos, os quais possuem atividade antiviral¹³¹.

Família Malvaceae: *Guazuma ulmifolia*

Guazuma ulmifolia é uma árvore conhecida popularmente como mutamba e a casca do seu caule e frutas são utilizados como medicamentos para tratar principalmente diarreia, tosse e febre, além de disfunções gastrointestinais e cardiovasculares pelas por curandeiras populares. Porém, as ações farmacológicas de *G. ulmifolia* foram comprovadas cientificamente, demonstrando ser uma espécie com promissora atividade antimicrobiana, além de apresentar propriedades antioxidante, antiprotozoária e cardioprotetora. Os compostos químicos possuem diversas ações

farmacológicas importantes para a saúde humana. As proantociadinas e flavonóides agliconas e glicosilados, vêm sendo apontados como as principais moléculas bioativas dessa planta¹³¹. Além disso, suas folhas contêm taninos e outros compostos fenólicos, que podem atuar como antioxidantes e antiulcerogênicas por conta da precipitação de proteínas e efeitos vasoconstritores¹³³.

Sua fruta também é de grande interesse para a indústria de laticínios, pois apresenta estruturas coriáceas e lenhosas e pode ser ingerida na forma de chá e na preparação de pão integral, devido a sua polpa adocicada¹³¹.

Família Verbenaceae: *Lantana camara*

Trata-se de uma erva daninha presente em muitos países comumente utilizado como ornamental e na medicina tradicional. Suas folhas são utilizadas em infusões ou no tratamento de ferimentos, e também contra sarampo, vermes intestinais, febre, úlcera, malária e reumatismo. A raiz em pó é usada para dores no estômago e a loção feita da raiz para tratamentos dentários. É composta por flavonoides, triterpenos e glicosídeos que possuem propriedades antioxidantes, antiinflamatórias, antibacterianas, antifúngicas, anti-helmínticas e inseticidas. Já os óleos essenciais isolados dessa planta são compostos por sesquiterpenos e monoterpenos. Existem poucos relatos das suas ações biológicas, mas sabe-se que possuem propriedade inseticida e repelente contra abelhas, mosquitos e moscas de gado¹⁴⁵. Além disso, já foi descrito a ação de *L. camara* como antiparasitário, atuando em um grupo importante de nematoides que atacam plantas e causam danos econômicos em plantações, além de ser eficaz contra *Leishmania*, *Wuchereria bancrofti* e *Brugia malayi*^{140,145}. Possui também ação antibacteriana contra *H. pylori*, patógeno que é responsável pelo desenvolvimento da ulcera gástrica¹⁴⁴.

Família Lamiaceae: *Mesosphaerum suaveolens*

Mesosphaerum suaveolens pertence à família Lamiaceae e é conhecida popularmente como bamburral ou alfazema-brava. É utilizada no tratamento de dores no estômago e inflamação, mas possui outras propriedades biológicas como anti-inflamatória, inseticida, larvicida, antioxidante e antimicrobiana. Possui como principais componentes químicos ácido clorogênico, apigenina, catequina, rutina, ácido gálico, ácido caféico, ácido elágico e quercetina. Sabe-se que os flavonoides vêm demonstrando efeito antifúngico frente a leveduras do gênero *Candida*, bem como antibiofilme, podendo ser utilizada juntamente com outros antibióticos e antifúngicos com o objetivo de aumentar o espectro de ação¹³¹.

Família Anacardiaceae: *Astronium urundeuva*

Conhecida como aroeira do sertão, essa árvore é amplamente distribuída no Brasil e vem sendo amplamente estudada devido ao potencial antibacteriano e antifúngico. Além disso, outras propriedades biológicas de *A. urundeuva* já foram relatadas como antiparasitária, analgésica e antiinflamatória¹³¹. Possui como principais constituintes químicos as chalconas diméricas e taninos, bem como flavonoides (quercetina, aromadendrinol e agatisflavona) nas folhas do caule²⁰⁹.

Porém, devido às diversas propriedades biológicas que são de grande interesse para a medicina, essa árvore sofre um extrativismo predatório para fins medicinais, bem como para fins comerciais com a utilização da sua madeira na carpintaria. Essa extensa utilização das suas cascas e madeira, colocou *A. urundeuva* na lista de espécies ameaçadas de extinção. O estado do Ceará, mais precisamente no distrito de Guassussê, era a região que mais possuía árvores da espécie *A. urundeuva*, porém foram exterminadas desde a década de 1960 devido ao uso de sua madeira para a construção de ferrovias²⁰⁹.

Família Piperaceae: *Piper aduncum*

Piper aduncum é conhecida popularmente como jaborandi, jaborandi do mato e pimenta de macaco e é amplamente encontrada no estado de Minas Gerais¹⁵⁷. O gênero *Piper* é amplamente utilizado por ser uma fonte de óleos essenciais, além de possuir sementes, folhas, frutos, ramos, caules e raízes¹³¹.

Sua raiz é utilizada popularmente para o tratamento de problemas estomacais e intestinais¹⁵⁸. Já o extrato da sua casca pode ser utilizado para o tratamento de problemas dentários, diarreia, disenteria, sarna, ferimentos, tosses e infecções fúngicas. Os extratos do caule e frutas também podem ser usados para tratar dores de cabeça¹³¹. Outras propriedades biológicas já foram demonstradas como sua atividade antibacteriana e antifúngica, que pode ser um tratamento promissor contra infecções nosocomiais causadas por *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus* e *Cryptococcus neoformans*. Além disso, também já foi demonstrada sua atividade antioxidante, antiinflamatória, antiplaquetária, inseticida, antiparasitária, entre outras²¹⁰.

Família Burseraceae: *Protium heptaphyllum*

Suas cascas e folhas são empregadas na medicina popular em todo o país, como hemostáticas, cicatrizantes e antiinflamatórias, no tratamento de feridas e inflamações em geral. Acredita-se também que a resina de *P. heptaphyllum* possui propriedade descongestionante nasal em casos de resfriados¹³¹.

Família Smilacaceae: *Smilax brasiliensis*

É popularmente conhecida como salsaparrilha ou japecanga e é amplamente utilizada na medicina tradicional como substância diurética, diaforética e estimulante, sendo também indicada para o tratamento de hipertensão, sífilis, artrite, reumatismo e doenças de pele. Além disso, o extrato de *S. brasiliensis* possui propriedades antioxidantes atribuída a presença de flavonoides, saponinas e esteroides em sua composição¹⁶³. Além de rutina e ácido clorogênico, já foram isoladas de *S. brasiliensis* os ácidos palmítico, linoleico e linolênico, além de cumarinas e óleos essenciais. O extrato de metanol e as frações das folhas ainda contem quinino, Ácido O-cafeoil chiquímico, ácido ferúlico, 3-O-β-galactopiranosil quercetina, 3-O-β-glicopiranosil quercetina, quercetina, naringenina e Kaempferol¹⁶³.

Além da ação antioxidante também já foram relatadas a sua ação larvicida, devido a composição fitoquímica das suas folhas¹⁶³.

Família Loganiaceae: *Strychnos pseudoquina*

É conhecida como quina-branca, quina do campo, quineira entre outros. Sua casca é utilizada na medicina caseira em algumas regiões do Brasil no tratamento da malária, além de ser utilizada como tônica, febrífuga em moléstias do baço, fígado e doenças estomacais. É composta por flavonoides e alcaloides¹³¹.

Família Calophyllaceae: *Calophyllum brasiliense*

É conhecida popularmente como guanandi e é composta principalmente por xantonas, terpenos e flavonoides²¹¹⁻²¹³. Pode ser utilizada para o tratamento de ferimentos e *Diabetes*, além de demonstrar atividade antirreumática em humanos. Em animais é utilizada no fortalecimento de tendões. Tem sua importância em outras áreas além da área da saúde, como na construção civil, fornecendo uma madeira de boa qualidade que pode ser comercializada¹³¹.

Família Costaceae: *Costus spiralis*

É conhecida como cana de macaco, cana do brejo, cana mansa, entre outros¹³¹. É composta principalmente de flavonoides e saponinas e possui atividade hipoglicêmica^{131,170}. Além disso é considerada uma substância diurética, tônica. Além disso pode ser utilizada no tratamento de gonorreia, sífilis, nefrite, picadas de insetos, desordens na bexiga e alta glicemia¹³¹.

Família Solanaceae: *Solanum paniculatum*, *Solanum lycocarpum*

Solanum paniculatum

É conhecida como jurubeba, caapeba, joa-tica, dentre outras e é encontrada em todo o Brasil. Os seus frutos conhecidos como jurubeba, são consumidos em muitas regiões do Brasil como condimento com adição de bebida alcoólica. É indicada no tratamento de anemias e problemas hepáticos. Suas raízes, folhas e frutos vêm sendo empregadas no tratamento de doenças hepáticas e digestivas, devido a sua capacidade de estimular as funções digestivas e reduzir o inchaço do fígado e vesícula. É também considerada útil contra hepatite, gastrite, anemias, febre intermitente, hidropisia e tumores uterinos. O chá de suas folhas é utilizado contra a ressaca após o consumo exaustivo de bebidas alcoólicas. É também utilizada na forma de chá como cicatrizante de feridas contra úlceras, pruridos e contusões, na forma de chá por decocção, aplicando uma gaze sobre a lesão¹⁷².

Solanum lycocarpum

Trata-se de um arbusto grande dotada de uma copa arredondada, com espinhos grandes nos ramos, encontrada em todo o país. Seus frutos fazem parte da alimentação do lobo guará do Cerrado e são utilizados pela população rural para o preparo de geleia e doces. *S. lycocarpum* é utilizada como agente diurético, calmante, anti-espasmódico, antifúngico e antiepilético. O chá de suas folhas é indicado no tratamento de infecção urinária, cólicas abdominais e renais, espasmos e epilepsia. O amido encontrado nos seus frutos é utilizado para o tratamento de diabetes, cuja eficácia tem sido comprovada através de relatos de indivíduos com a doença. O suco dos frutos é aplicado externamente

para a eliminação de verrugas. Os frutos assados e quentes são indicados em aplicação direta sobre órgãos atrofiados para a sua reconstituição. O chá de suas flores em uso interno é indicado para o tratamento de hemorroidas. Tem como principais constituintes químicos solamargina e solasodina¹³¹.

Visitantes florais das espécies de plantas medicinais: riqueza e grupos funcionais

As espécies medicinais descritas tiveram seus visitantes florais listados por meio de uma revisão bibliográfica realizada nas seguintes bases de dados: Scielo, ScienceDirect e Google Scholar. Considerando as espécies de plantas medicinais catalogadas para a REP (Tabela 1), foram identificados a cor, recurso disponibilizado, deiscência (Tabela 2) e as características dos visitantes florais (Tabela 3) para 33 das 50 espécies.

Tabela 2. Espécies de plantas medicinais e seus atributos: cor, deiscência das anteras e recursos oferecidos aos visitantes florais.

Espécie de planta	Cor da flor	Deiscência da antera	Recurso(s)	Referência
Família Alismataceae				
<i>Echinodorus grandiflorus</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[229, 230]
Família Amaranthaceae				
<i>Gomphrena macrocephala</i>	amarela	não poricida	NA	[232]
Família Anacardiaceae				
<i>Astronium urundeuva</i>	creme	não poricida	pólen, néctar	[215, 221, 222]
Família Annonaceae				
<i>Annona coriacea</i>	alaranjada	não poricida	NA	[219]
<i>Annona crassiflora</i>	alaranjada	não poricida	NA	[219]
<i>Xylopia aromatica</i>	branca	não poricida	pólen	[215, 237]
Família Aristolochiaceae				
<i>Aristolochia esperanzae</i>	verde	não poricida	NA	[220]
Família Asteraceae				
<i>Acanthospermum australe</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[214, 215]
<i>Achyrocline satureioides</i>	amarela	não poricida	pólen, néctar	[215, 216]
<i>Elephantopus mollis</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[225, 228]
<i>Emilia sonchifolia</i>	vermelha	não poricida	pólen, néctar	[231]
<i>Mikania cordifolia</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[215, 216, 225, 233]
Família Bignoniaceae				
<i>Tabebuia aurea</i>	amarela	não poricida	pólen, néctar	[215, 216, 236]
Família Burseraceae				
<i>Protium heptaphyllum</i>	creme	não poricida	NA	[236]
Família Calophyllaceae				
<i>Calophyllum brasiliense</i>	branca	não poricida	pólen	[226]
Família Costaceae				
<i>Costus spiralis</i>	vermelha	não poricida	pólen, néctar	[225]
Família Euphorbiaceae				
<i>Croton urucurana</i>	creme	não poricida	pólen, néctar	[215, 216]
Família Fabaceae				
<i>Anadenanthera colubrina</i>	creme	não poricida	pólen, néctar	[215, 216, 217]
<i>Andira humilis</i>	rosa	não poricida	pólen, néctar	[218]
<i>Bauhinia unguolata</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[223]
<i>Bowdichia virgiloides</i>	roxa	não poricida	pólen, néctar	[215, 218, 224, 225]
<i>Copaifera langsdorffii</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[215]
<i>Hymenaea courbaril</i>	branca	não poricida	pólen, néctar	[215]
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	creme	não poricida	pólen, néctar	[235]

Família Lamiaceae					
<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	lilás	não poricida	néctar		[216]
Família Malpighiaceae					
<i>Byrsonima intermedia</i>	amarela	não poricida	pólen, óleo		[215, 218, 225]
Família Meliaceae					
<i>Cedrela odorata</i>	creme	não poricida	pólen, néctar		[228]
Família Piperaceae					
<i>Piper aduncum</i>	branca	não poricida	pólen, néctar		[234]
Família Rubiaceae					
<i>Coutarea hexandra</i>	rosa	não poricida	pólen, néctar		[236]
Família Solanaceae					
<i>Solanum lycocarpum</i>	roxa	poricida	pólen		[215, 218, 225]
<i>Solanum paniculatum</i>	branca	poricida	pólen		[215, 218, 225]
Família Urticaceae					
<i>Cecropia pachystachya</i>	creme	não poricida	pólen		[227]
Família Verbenaceae					
<i>Lantana camara</i>	alaranjada	não poricida	néctar		[215, 233]

Tabela 2. Espécies de plantas medicinais e seus visitantes florais. *Tribo, socialidade e tamanho são apresentados apenas para as abelhas.

Espécies de planta	Tribo*	Visitantes florais	Socialidade*	Tamanho*	Referência
Família Alismataceae					
<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Apini	<i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	
	Augochlorini	<i>Augochlora</i> sp.	solitária	pequena	
	NA	Coleoptera	NA	NA	
	Halictini	<i>Dialictus</i> sp.	solitária	pequena	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	solitária	pequena	
	Paracolletini	<i>Protodiscelis echinodori</i>	solitária	pequena	[243, 239]
	Augochlorini	<i>Pseudaugochlora</i> sp.	solitária	média	
	Eucerini	<i>Thygater analis</i>	solitária	média	
	Meliponini	<i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
Meliponini	<i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena		
Xylocopini	<i>Xylocopa suspecta</i>	solitária	grande		
Família Amaranthaceae					
<i>Gomphrena macrocephala</i>	Ceratinini	<i>Ceratina</i> sp.	solitária	pequena	[233]
Família Anacardiaceae					
<i>Astronium urundeuva</i>	Apini	<i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	
	NA	Coleoptera	NA	NA	
	NA	Diptera	NA	NA	
	Meliponini	<i>Frieseomelita doederleini</i>	eussocial	pequena	[228, 236, 237]
	Meliponini	<i>Melipona asilvai</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini	<i>Melipona mandacaia</i>	eussocial	média	
	Meliponini	<i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
NA	Vespidae	NA	NA		
Família Annonaceae					
<i>Annona coriacea</i>	NA	Coleoptera	NA	NA	[227]
<i>Annona crassiflora</i>	NA	Coleoptera	NA	NA	[227]
<i>Xylopiya aromatica</i>	NA	Coleoptera	NA	NA	
	NA	Diptera	NA	NA	
	NA	Formicidae	eussocial	NA	[221, 237]
	Meliponini	<i>Frieseomelitta</i> sp.	eussocial	pequena	
Família Aristolochiaceae					
<i>Aristolochia esperanzae</i>	NA	Coleoptera	NA	NA	
	NA	Diptera	NA	NA	[219]

Familia Asteraceae

<i>Acanthospermum australe</i>	Augochlorini <i>Augochlora thalia</i>	solitária	pequena	[230, 237]
	Ceratinini <i>Ceratina</i> sp.	solitária	pequena	
	Halictini <i>Dialictus</i> sp.	solitária	pequena	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis auripilosa</i>	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Tetragonisca angustula</i>	eussocial	pequena	
<i>Achyrocline satureioides</i>	Bombini <i>Bombus brasiliensis</i>	eussocial	grande	[223, 237]
	Bombini <i>Bombus morio</i>	eussocial	grande	
	Polistini <i>Brachygastra augusti</i>	eussocial	pequena	
	Halictini <i>Dialictus</i> sp.	solitária	pequena	
	NA Diptera	NA	NA	
	Polistini <i>Polistes geminatus</i>	eussocial	grande	
	Polistini <i>Polybia occidentalis</i>	eussocial	pequena	
Meliponini <i>Tetragonisca angustula</i>	eussocial	pequena		
Tetrapediini <i>Tetrapedia peckoltii</i>	solitária	média		
<i>Elephantopus mollis</i>	Calliopsini <i>Acamptopoeum prinii</i>	solitária	pequena	[240, 242]
	Protandrenini <i>Anthrenooides meridionalis</i>	solitária	pequena	
	Ceratinini <i>Ceratina darwinii</i>	solitária	pequena	
	Megachilini <i>Megachile anthidioides</i>	solitária	média	
	Tetrapediini <i>Tetrapedia diversipes</i>	solitária	pequena	
<i>Emilia sonchifolia</i>	NA Lepidoptera	NA	NA	[234]
	Polistini <i>Polistes geminatus</i>	eussocial	grande	
	Polistini <i>Polistes subsericeus</i>	eussocial	grande	
	Polistini <i>Polybia occidentalis</i>	eussocial	pequena	
<i>Mikania cordifolia</i>	Halictini <i>Agapostemon chapadensis</i>	solitária	média	[223, 244, 237, 240]
	Halictini <i>Agapostemon semimelleus</i>	solitária	média	
	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	
	Halictini <i>Caenohalictus</i> aff. <i>implexus</i>	solitária	pequena	
	Ceratinini <i>Ceratina</i> sp.	solitária	pequena	
	Halictini <i>Dialictus osmioides</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> aff. <i>analís</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> cf. <i>tomentosa</i>	solitária	pequena	
	Hylaeini <i>Hylaeus</i> sp.	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Melipona quadrifasciata</i>	eussocial	média	
	Augochlorini <i>Neocorynura oiospermi</i>	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Partamona helleri</i>	eussocial	pequena	
	Augochlorini <i>Pseudaugochlora graminea</i>	solitária	média	
	Meliponini <i>Scaptotrigona</i> aff. <i>depilis</i>	eussocial	pequena	
Meliponini <i>Scaptotrigona postica</i>	eussocial	pequena		
Meliponini <i>Trigona clavipes</i>	eussocial	pequena		
Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena		

Familia Bignoniaceae

<i>Tabebuia aurea</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[223, 235, 237]
	Bombini <i>Bombus morio</i>	eussocial	grande	
	Bombini <i>Bombus</i> sp.	eussocial	grande	
	Centridini <i>Centris albopilosa</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris discolor</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris fuscata</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris</i> sp.	solitária	NA	
	Centridini <i>Centris violacea</i>	solitária	grande	
	Ceratinini <i>Ceratina</i> sp.	solitária	pequena	
	Centridini <i>Epicharis bicolor</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis</i> sp.	solitária	grande	
	Euglossini <i>Euglossa melanotricha</i>	solitária	média	
	Euglossini <i>Eulaema nigrita</i>	solitária	grande	
	Euglossini <i>Eulaema</i> sp.	solitária	grande	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> sp.	solitária	pequena	
	Ericrocidini <i>Hopliophora superba</i>	parasita	grande	
	Oxaeini <i>Oxaea</i> sp.	solitária	grande	
	Tetrapediini <i>Tetrapedia rugulosa</i>	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
	Xylocopini <i>Xylocopa</i> sp.	solitária	grande	

Familia Burseraceae				
<i>Protium heptaphyllum</i>	Meliponini <i>Cephalotrigona capitata</i>	eussocial	pequena	[236]
	Meliponini <i>Trigona hyalinata</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
Familia Calophyllaceae				
<i>Calophyllum brasiliense</i>	NA Halictidae	NA	NA	[231]
Familia Costaceae				
<i>Costus spiralis</i>	NA <i>Amazilia fimbriata</i>	NA	NA	[240]
	Euglossini <i>Eulaema nigrita</i>	solitária	grande	
	NA <i>Eupetomena macroura</i>	NA	NA	
	NA <i>Heliomaster squamosus</i>	NA	NA	
	NA Lepidoptera	NA	NA	
NA <i>Phaethornis pretrei</i>	NA	NA		
Familia Euphorbiaceae				
<i>Croton urucurana</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[223, 237]
	NA Coleoptera	NA	NA	
	NA Diptera	NA	NA	
	NA Hemiptera	NA	NA	
	NA Lepidoptera	NA	NA	
Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena		
Familia Fabaceae				
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[223, 225, 237]
	NA Coleoptera	NA	NA	
	NA Lepidoptera	NA	NA	
	Polistini <i>Polybia occidentalis</i>	NA	NA	
	Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
NA Vespidae	NA	NA		
<i>Andira humilis</i>	Ericrocidini <i>Mesonychium asteria</i>	parasita	média	[220]
	Ericrocidini <i>Mesoplia rufipes</i>	parasita	grande	
<i>Bauhinia unguolata</i>	NA Chiroptera	NA	NA	[232]
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[214, 220, 237, 240]
	NA Braconidae	parasita	NA	
	Centridini <i>Centris aenea</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris fuscata</i>	solitária	grande	
	Meliponini <i>Geotrigona</i> sp.	eussocial	pequena	
	NA Lepidoptera	NA	NA	
	NA Orthoptera	NA	NA	
	Meliponini <i>Partamona</i> sp.	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Trigona</i> sp. 1	eussocial	pequena	
Meliponini <i>Trigona</i> sp. 2	eussocial	pequena		
Xylocopini <i>Xylocopa</i> sp.	solitária	grande		
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[237]
	Augochlorini <i>Augochlorella</i> sp.	solitária	pequena	
	NA Diptera	NA	NA	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> sp.	solitária	pequena	
	NA Formicidae	eussocial	NA	
	Augochlorini Halictidae	parasita	pequena	
	NA Lepidoptera	NA	NA	
Meliponini <i>Scaptotrigona</i> cf. <i>depilis</i>	eussocial	pequena		
Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena		
NA Vespidae	NA	NA		
<i>Hymenaea courbaril</i>	NA Chiroptera	NA	NA	[237]
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Augochlorini <i>Augochloropsis</i> sp.	solitária	média	[238]
	NA Coleoptera	NA	NA	
	NA Diptera	NA	NA	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis analis</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> sp.	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Geotrigona</i> sp.	eussocial	pequena	
NA Lepidoptera	NA	NA		
Meliponini <i>Scaptotrigona</i> cf. <i>depilis</i>	eussocial	pequena		
NA Vespidae	NA	NA		

Família Lamiaceae

<i>Mesosphaerum suaveolens</i>	Anthidiini <i>Hypanthidium flavomarginatum</i>	solitária	pequena	[223]
--------------------------------	--	-----------	---------	-------

Família Malpighiaceae

	Anthidiini <i>Anthodioctes megachiloides</i>	solitária	pequena	
	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	
	Tapinotaspindini <i>Arhysoceble</i> sp.	solitária	pequena	
	Augochlorini <i>Augochlora caerulior</i>	solitária	pequena	
	Augochlorini <i>Augochlora francisca</i>	solitária	pequena	
	Augochlorini <i>Augochlora tantilla</i>	solitária	pequena	
	Augochlorini <i>Augochloropsis aurifluens</i>	solitária	média	
	Augochlorini <i>Augochloropsis cupreola</i>	solitária	média	
	Augochlorini <i>Augochloropsis hebescens</i>	solitária	média	
	Augochlorini <i>Augochloropsis pandrosos</i>	solitária	média	
	Augochlorini <i>Augochloropsis tupacamaru</i>	solitária	média	
	Centridini <i>Centris bicolor</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris mocsaryi</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris nitens</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris spilopoda</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Centris tarsata</i>	solitária	média	
	Centridini <i>Centris varia</i>	solitária	grande	
	Meliponini <i>Cephalotrigona capitata</i>	eussocial	pequena	
	Ceratinini <i>Ceratina muelleri</i>	solitária	pequena	
	Centridini <i>Epicharis affinis</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis analis</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis bicolor</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis cockerelli</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis fasciata</i>	solitária	grande	
	Centridini <i>Epicharis flava</i>	solitária	grande	
<i>Byrsonima intermedia</i>	Centridini <i>Epicharis grandior</i>	solitária	grande	[220, 237,
	Centridini <i>Epicharis iheringi</i>	solitária	grande	240]
	Centridini <i>Epicharis minima</i>	solitária	média	
	Centridini <i>Epicharis schrottkyi</i>	solitária	grande	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> cf. <i>minor</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini <i>Exomalopsis</i> cf. <i>ypiranguensis</i>	solitária	pequena	
	Centridini <i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	solitária	média	
	Eucerini <i>Florilegus melectoides</i>	solitária	NA	
	Meliponini <i>Leurotrigona muelleri</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Nannotrigona testaceicornis</i>	eussocial	pequena	
	Tapinotaspindini <i>Paratetrapedia</i> cf. <i>velutina</i>	solitária	média	
	Tapinotaspindini <i>Paratetrapedia lineata</i>	solitária	média	
	Tapinotaspindini <i>Paratetrapedia</i> sp.	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Paratrigona lineata</i>	eussocial	pequena	
	Augochlorini <i>Paroxystoglossa andromache</i>	solitária	pequena	
	Meliponini <i>Partamona helleri</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Plebeia remota</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Scaura latitarsis</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Tetragona clavipes</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Tetragonisca angustula</i>	eussocial	pequena	
	Tetrapediini <i>Tetrapedia diversipes</i>	solitária	pequena	
	Tetrapediini <i>Tetrapedia peckoltii</i>	solitária	média	
	Tetrapediini <i>Tetrapedia</i> sp.	solitária	média	
	Meliponini <i>Trigona branneri</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Trigona hyalinata</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena	
	Tapinotaspindini <i>Xanthopedia larocai</i>	solitária	média	

Família Meliaceae

<i>Cedrela odorata</i>	NA Lepidoptera	NA	NA	[242]
------------------------	----------------	----	----	-------

Família Piperaceae

	Anthidiini <i>Anthodioctes</i> sp.	solitária	pequena	
<i>Piper aduncum</i>	Apini <i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[226]
	Meliponini <i>Tetragona dorsalis</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini <i>Tetragonisca angustula</i>	eussocial	pequena	

Familia Rubiaceae					
	<i>Coutarea hexandra</i>	NA Chiroptera	NA	NA	[237]
Familia Solanaceae					
<i>Solanum lycocarpum</i>	Augochlorini	<i>Augochloropsis hebescens</i>	solitária	média	[220, 237, 240]
	Augochlorini	<i>Augochloropsis</i> sp.	solitária	média	
	Bombini	<i>Bombus brevivillus</i>	eussocial	grande	
	Bombini	<i>Bombus morio</i>	eussocial	grande	
	Bombini	<i>Bombus pauloensis</i>	eussocial	grande	
	Centridini	<i>Centris mocsaryi</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Centris nitens</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Centris scopipes</i>	solitária	grande	
	Ceratinini	<i>Ceratina vernoniae</i>	solitária	pequena	
	Centridini	<i>Epicharis analis</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Epicharis flava</i>	solitária	grande	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis analis</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis collaris</i>	solitária	pequena	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis fulvofasciata</i>	solitária	média	
	Meliponini	<i>Melipona quinquefasciata</i>	eussocial	média	
	Oxaeini	<i>Oxaea flavescens</i>	solitária	grande	
	Tapinotaspindini	<i>Paratetrapedia amplipennis</i>	solitária	média	
	Tapinotaspindini	<i>Paratetrapedia lugubris</i>	solitária	grande	
	Tapinotaspindini	<i>Paratetrapedia</i> sp.	solitária	média	
	Meliponini	<i>Trigona hyalinata</i>	eussocial	pequena	
Meliponini	<i>Trigona spinipes</i>	eussocial	pequena		
Xylocopini	<i>Xylocopa frontalis</i>	solitária	grande		
Xylocopini	<i>Xylocopa subcyanea</i>	solitária	grande		
Xylocopini	<i>Xylocopa suspecta</i>	solitária	grande		
<i>Solanum paniculatum</i>	Apini	<i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[220, 237, 240]
	Augochlorini	<i>Augochloropsis callichroa</i>	solitária	média	
	Augochlorini	<i>Augochloropsis</i> sp.	solitária	média	
	Centridini	<i>Centris aenea</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Centris fuscata</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Centris sponsa</i>	solitária	grande	
	Centridini	<i>Centris trigonoides</i>	solitária	média	
	Ceratinini	<i>Ceratina maculifrons</i>	solitária	pequena	
	Colletini	<i>Colletes</i> sp.	solitária	média	
	Halictini	<i>Dialictus</i> sp.	solitária	pequena	
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis analis</i>	solitária	pequena	
	Meliponini	<i>Melipona asilvai</i>	eussocial	pequena	
	Meliponini	<i>Melipona quadrifasciata</i>	eussocial	média	
	Meliponini	<i>Partamona</i> sp.	eussocial	pequena	
	Meliponini	<i>Plebeia</i> sp.	eussocial	pequena	
Augochlorini	<i>Pseudaugochlora pandora</i>	solitária	média		
Xylocopini	<i>Xylocopa griseescens</i>	solitária	grande		
Xylocopini	<i>Xylocopa muscaria</i>	solitária	grande		
Familia Urticaceae					
<i>Cecropia pachystachya</i>	Apini	<i>Apis mellifera</i>	eussocial	média	[222]
	Meliponini	<i>Melipona quadrifasciata</i>	eussocial	média	
	Meliponini	<i>Tetragonisca angustula</i>	eussocial	pequena	
	Xylocopini	<i>Xylocopa griseescens</i>	solitária	grande	
Familia Verbenaceae					
<i>Lantana camara</i>	Augochlorini	<i>Augochlora esox</i>	solitária	pequena	[233, 237, 244]
	Ceratinini	<i>Ceratina punctiventris</i>	solitária	pequena	
	Megachilini	<i>Coelioxys tolteca</i>	parasita	pequena	
	NA	Lepidoptera	NA	NA	
	Tapinotaspindini	<i>Paratetrapedia volatilis</i>	solitária	média	
	Augochlorini	<i>Pseudaugochlora graminea</i>	solitária	média	
Meliponini	<i>Trigona</i> sp.	eussocial	pequena		

Quatro famílias representaram 52% da abundância total de espécies vegetais, sendo distribuídas nas seguintes proporções: Fabaceae (7 espécies; 21,21%), Asteraceae (5; 15,15%), Annonaceae (3; 9,09%) e Solanaceae (2; 6,06%) (Figura 1).

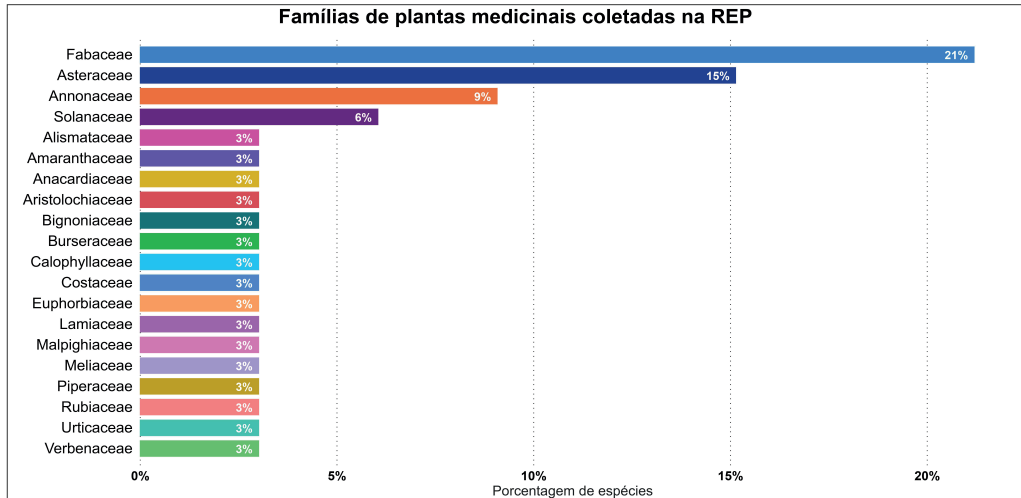


Figura 1. Percentual de espécies de plantas medicinais catalogadas por família para a Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

As cores de flores das espécies pertencentes às 20 famílias analisadas foram predominantemente brancas (33%) e creme (21%); flores amarelas, roxa, rosa, alaranjada, vermelhas e lilás foram observadas em frequências menores (Figura 2a). Considerando a oferta de recursos, plantas que disponibilizam pólen e néctar foram as mais abundantes (66%), seguidas por flores que ofereciam apenas pólen (21%); flores que disponibilizam apenas néctar ou pólen e óleo corresponderam a 9% e 3% respectivamente. (Figura 2b).

Verificamos que as abelhas foram os visitantes florais mais frequentes, visitando 17 das 20 famílias de plantas analisadas, exclusivamente (n=9) ou com a presença de outros invertebrados como as formigas e vespas (Hymenoptera), gafanhotos e esperanças (Orthoptera), borboletas e mariposas (Lepidoptera) e moscas (Diptera) (n=8). Três das 20 famílias de plantas foram visitadas por vertebrados, como morcegos (Chiroptera) e beija-flores (Trochilidae) (Figura 3).

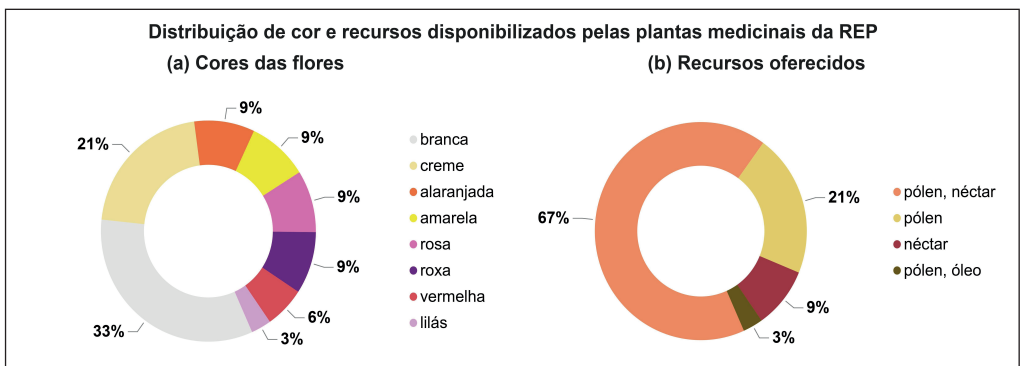


Figura 2. Cores das flores (a) e recursos oferecidos (b) pelas espécies de plantas medicinais catalogadas para a Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

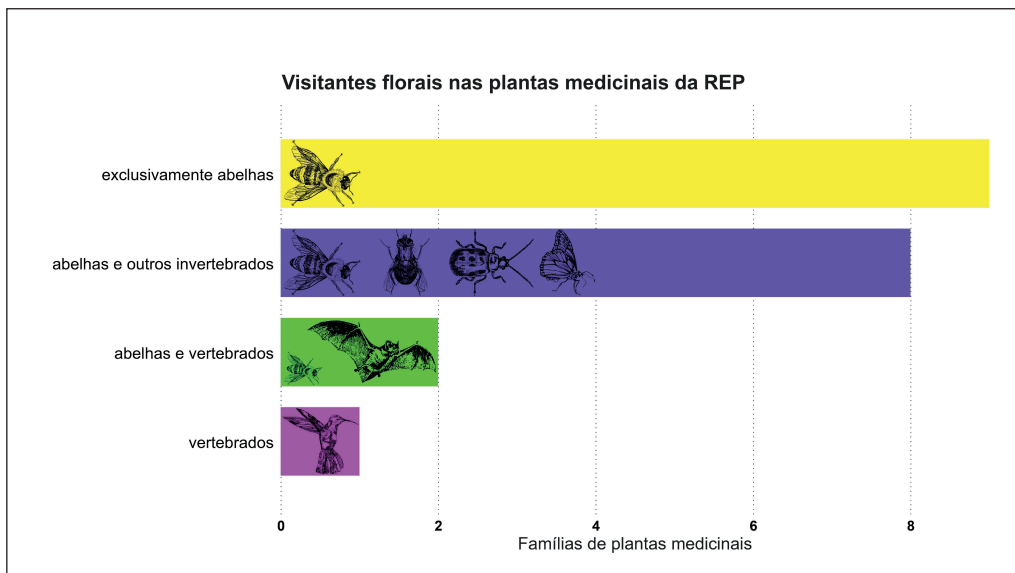


Figura 3. Número de famílias de plantas medicinais da Reserva Ecológica do Panga de acordo com sua preferência de visitantes florais no município de Uberlândia (MG).

Verificamos na REP espécies pertencentes às cinco famílias de abelhas presentes no Brasil. A família Apidae contém a maioria das espécies de abelhas e representou 72% da amostragem, 95 das 132 espécies de abelhas catalogadas. Na sequência, observamos a família Halictidae (25 espécies), Megachilidae (5 espécies), Andrenidae (4 espécies) e Colletidae (3 espécies).

As espécies da família Apidae foram os visitantes florais mais abundantes da maioria das famílias de plantas, exceto Clusiaceae e Lamiaceae, visitadas apenas por Halictidae e Megachilidae, respectivamente (Figura 4). *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* foram as espécies que visitaram um maior número de espécies de plantas (Figura 5).

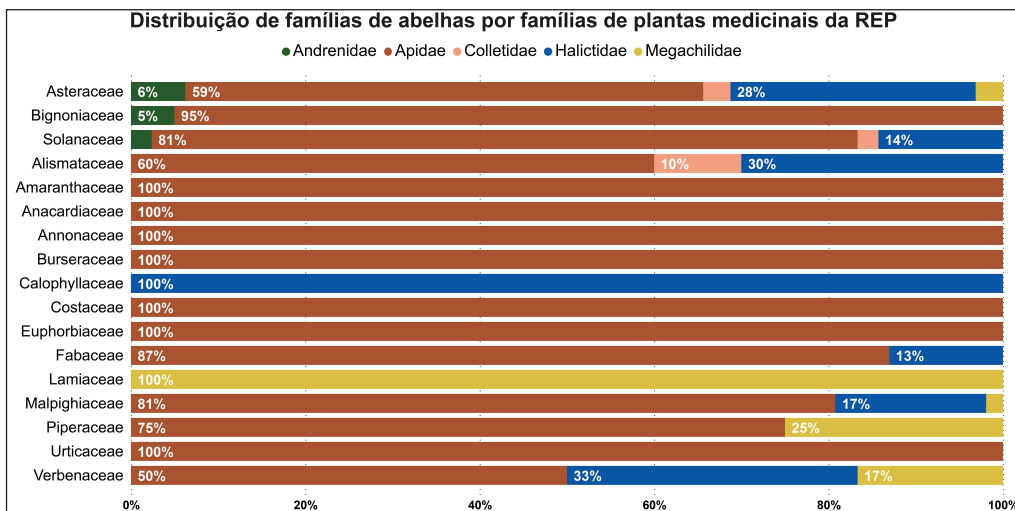


Figura 4. Percentual das famílias de abelhas visitantes florais das famílias de plantas medicinais da Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

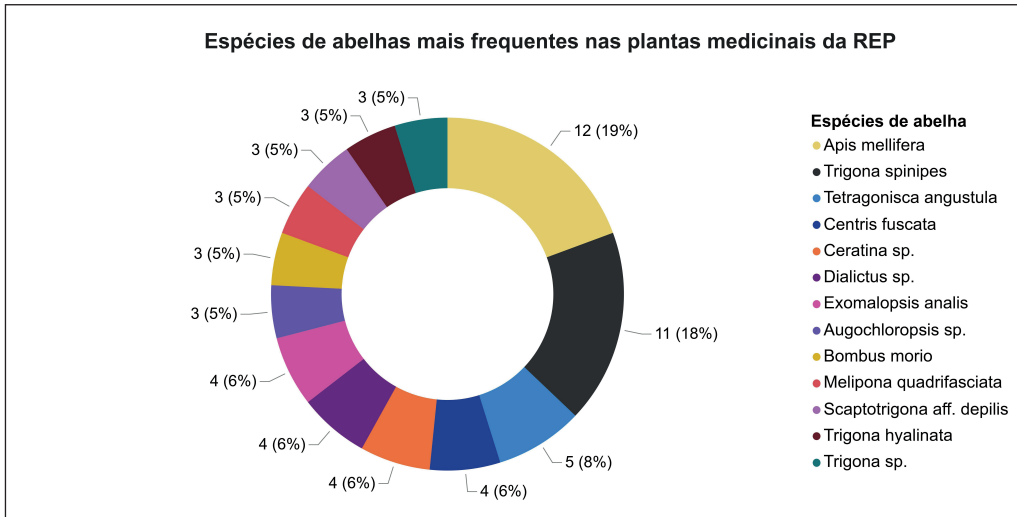


Figura 5. Número (percentual) de espécies de plantas medicinais visitadas pelas abelhas mais frequentes na Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

Foram identificadas espécies de 22 tribos, sendo as tribos Centridini (abelhas solitárias) e Meliponini (abelhas sociais), ambas da família Apidae, as mais abundantes, com 19,85% e 19,08% do total, respectivamente (Figura 6).

Considerando o tamanho, das 132 espécies de abelhas catalogadas como visitantes das plantas da REP, 40 são grandes, 32 médias e 58 pequenas, classificação feita com base no que foi proposto por Frankie *et al.*, 1983. Duas das espécies foram identificadas somente até gênero e não puderam ser analisadas (Figura 7a). Quanto a socialidade, verificou-se que 72% das abelhas são solitárias, 24% sociais e 3% parasitas (Figura 7b).

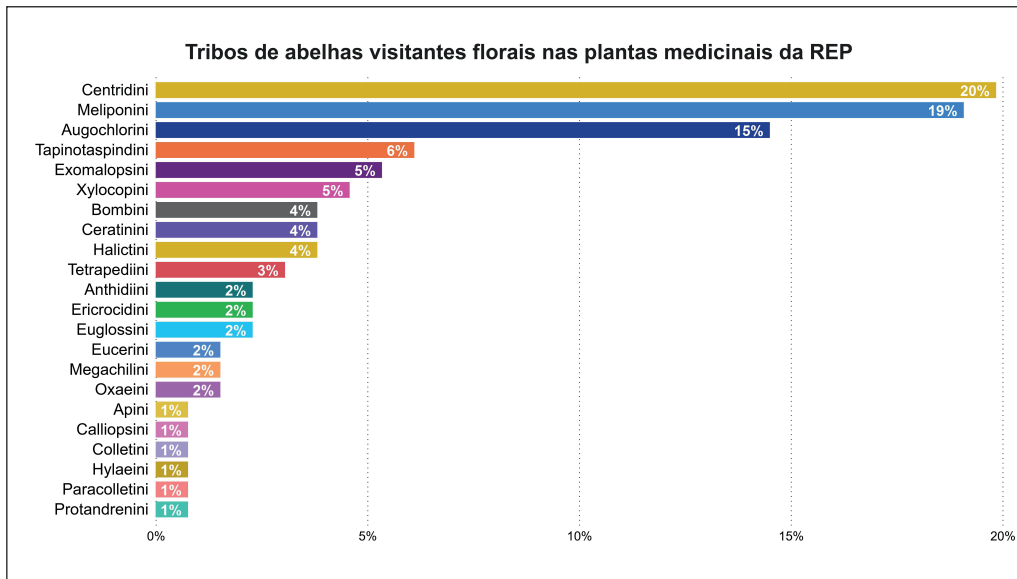


Figura 6. Percentual de espécies de abelhas catalogadas por tribo para a Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

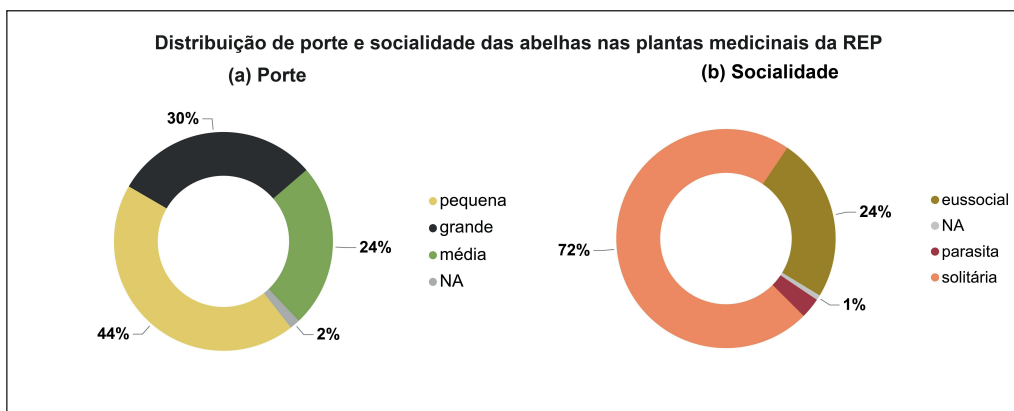


Figura 7. Porte (a) e socialidade (b) das espécies de abelhas catalogadas para a Reserva Ecológica do Panga, no município de Uberlândia (MG).

Considerações finais

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo, contando com 55.000 espécies de plantas superiores, correspondendo quase 22% do total de plantas existentes no planeta, abrigando um número relevante de espécies com potencial terapêutico. Devido a riqueza de espécies vegetais e plantas medicinais encontradas no Cerrado, a Reserva Ecológica do Panga (REP) é uma área promissora para ser estudada e explorada, já que contêm tipos fisionômicos de vegetação característicos da região do Cerrado.

Os visitantes florais foram identificados para 20 famílias e 46 espécies de plantas medicinais, sendo a maioria deles espécies de abelhas. Foram identificadas 132 espécies de abelhas, pertencentes a 22 tribos e 50 gêneros. Mais da metade destas espécies pertencem a três tribos: Centridini, as abelhas coletoras de óleo que são abelhas de grande e médio porte e solitárias; Meliponini, abelhas sociais sem ferrão de médio e pequeno porte; e Augochlorini, abelhas com diferentes níveis de socialidade, porte médio, que geralmente nidificam no chão.

Referências

- ¹ Hassan, A. R. B. Medicinal plants (importance and uses). *Pharm. Anal.* **3**, e139 (2012).
- ² Singh, R. Medicinal plants: A review. *J. Plant Sci.* **3**, 50–55 (2015).
- ³ Valli, M., Pivatto, M., Danuello, A., Castro-Gamboa, I., Silva, D.H.S., Cavalheiro, A. J., Araújo, Â.R., Furlan, M., Lopes, M.N., Bolzani, V.S. Tropical biodiversity: has it been a potential source of secondary metabolites useful for medicinal chemistry?. *Quím. Nova* **35**, 2278–2287 (2012).
- ⁴ Newman, D. J., Cragg, G. M. Natural Products as Sources of New Drugs over the Nearly Four Decades from 01/1981 to 09/2019. *J. Nat. Prod.* **83**, 770–803 (2020).
- ⁵ Jones W. P., Chin Y-W., Kinghorn A. D. The role of pharmacognosy in modern medicine and pharmacy. *Curr. Drug Targets* **7**, 247–264 (2006).

- ⁶ Isah, T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biol Res.* **52**, 39 (2019).
- ⁷ Erb, M. & Kliebenstein, D. J. Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy. *Plant Physiol.* **184**, 39–52 (2020).
- ⁸ Fang, X., Yang, C. M. A. Q., Yang, L., Chen, X. Genomics grand for diversified plant secondary metabolites. *Plant Divers. Resour.* **33**, 53–64 (2011).
- ⁹ Dutra, R. C., Campos, M. M., Santos, A. R. S. & Calixto, J. B. Medicinal plants in Brazil: pharmacological studies, drug discovery, challenges and perspectives. *Pharmacol Res.* **112**, 4–29 (2016).
- ¹⁰ Shankar, P. R. Book review: tackling drug-resistant infections globally. *Archives of Pharm. Pract.* **7**, 110–111 (2016).
- ¹¹ Vu, T. T., Kim, H., Tran, V. K., Le Dang, Q., Nguyen, H. T., Kim, H., Kim, I. S., Choi, Ja., Kim, J. C. *In vitro* antibacterial activity of selected medicinal plants traditionally used in Vietnam against human pathogenic bacteria. *BMC Complement. Altern. Med.* **16**, 1–6 (2015).
- ¹² Högberg, L. D., Heddini, A., Cars, O. The global need for effective antibiotics: challenges and recent advances. *Trends Pharmacol. Sci.* **31**, 509–515 (2010).
- ¹³ Rahman, M. M., Shiu, W. K., Gibbons, S., Malkinson, J. P.. Total synthesis of acylphloroglucinols and their antibacterial activities against clinical isolates of multi-drug resistant (MDR) and methicillin-resistant strains of *Staphylococcus aureus*. *Eur. J. Med. Chem.* **155**, 255–262 (2018).
- ¹⁴ Salam, A. M., & Quave, C. L. Opportunities for plant natural products in infection control. *Curr. Opin. Microbiol.*, **45**, 189–194 (2018).
- ¹⁵ Sen, T., Samanta, S.K. Medicinal Plants, Human Health and Biodiversity: A Broad Review. *Adv Biochem Eng Biotechnol.* **147**, 59–110 (2014).
- ¹⁶ Cheung KS, Kwan HS, But PP, Shaw PC. Pharmacognostical identification of American and Oriental ginseng roots by genomic fingerprinting using arbitrarily primed polymerase chain reaction (AP-PCR). *J. Ethnopharmacol.* **42** 67–9 (1994).
- ¹⁷ Mizukami, H., Ohbayashi, K., Kitamura, Y. & Ikenaga, T. Restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) of medicinal plants and crude drugs. I. RFLP probes allow clear identification of *Duboisia* interspecific hybrid genotypes in both fresh and dried tissues. *Biol. Pharm. Bull.* **16**, 388–90 (1993).
- ¹⁸ Bartlett, J. & Stirling, D. A short history of the polymerase chain reaction. In: Bartlett J, Stirling D, editors. *Methods in molecular biology: PCR protocols*, 2nd edition Totowa, NJ: *Humana Press Inc.* 1–6. (2003).
- ¹⁹ Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M. & Davis, R. W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Genet* **32**, 314–31 (1980).
- ²⁰ Valli, M. *et al.* Development of a natural products database from the biodiversity of Brazil. *J. Nat. Prod.* **76**, 439–444 (2013).

- ²¹ Lima, I. L. P., Scariot, A., Medeiros, M. B. & Sevilha, A. C. Diversidade e OSU de Plantas do Cerrado los Comunidade de geraizeiros nenhum norte do Estado de Minas Gerais, Brasil. *Acta Bot. Bras.* **26**, 675–684 (2012).
- ²² Klink, C. A., Machado, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*. **1**, 147–155 (2005).
- ²³ Neto, J.A.R. *et al.* Using the plants of Brazilian Cerrado for wound healing: From traditional use to scientific approach. *J Ethnopharmacol.* **260**, 112547 (2020).
- ²⁴ Schiavini, I. & Araújo, G. M. Considerações sobre a vegetação da Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia). *Sociedade & Natureza* **1**, 61–66 (1989).
- ²⁵ Romano, B., Lucariello, G., Capasso, R. Topical Collection “Pharmacology of Medicinal Plants. *Biomolecules.* **11**, 101 (2021).
- ²⁶ Salehi, B. *et al.* *Areca catechu* — From farm to food and biomedical applications. *Phytother. Res.* **34**, 2140–2158 (2020).
- ²⁷ E. Hodgson, Toxins and venoms, in: Progress in molecular biology and translational science, *Elsevier* **112**, 373–415 (2012).
- ²⁸ Gautam, R. & Jachak, S. M.. Recent developments in anti-inflammatory natural products. *Med. Res. Rev.* **29**, 767–820 (2009).
- ²⁹ Yongmei, Z., Nan, Z., Ning, T. & Baolin, L. Evaluation of the anti-inflammatory activity of luteolin in experimental animal models. *Planta Med.* **73**, 221–226 (2007).
- ³⁰ Lee S. A. *et al.* Melampolides from the leaves of *Smallanthus sonchifolius* and their inhibitory activity of LPS-induced nitric oxide production. *Chem. Pharm. Bull.* **56**, 199–202 (2008).
- ³¹ Santos, J. A. *et al.* Chemical profile and antinociceptive efficacy of *Rheedia longifolia* leaf extract. *J. Med. Food*, **14**, 1039–1045 (2011).
- ³² Calixto, J. B. *et al.* Naturally occurring antinociceptive substances from plants. *Phytother. Res.* **14**, 401–418 (2000).
- ³³ Furtado, N. A. J. C., Veneziani, R.C.S., Ambrósio, S.R. Farmacognosia – Coleção farmácia. **7** (2017).
- ³⁴ Costa, A. A., & Araújo, G. M. D. Comparação da vegetação arbórea de cerradão e de cerrado na Reserva do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. *Bot. Bras.* **15**, 63–72 (2001).
- ³⁵ Rodrigues, V. E. G. & Carvalho, D. A. Levantamento Etnobotânico De Plantas Medicinais No Domínio do Cerrado Na Região Do Alto Rio Grande - Minas Gerais. *Ciênc. agrotec.* **25**, 102–123 (2001).
- ³⁶ Carvalho, C. C., Turatti, I. C. C., Lopes, N. P., Salvador, M. J. & Nascimento, A. M. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from Brazilian plants *Acanthospermum australe*, *Calea fruticosa* and *Mikania glauca*. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* **8**, 392–398 (2014).
- ³⁷ Mallmanna, R., Ethurb, E. M., Bianchettia, P., Faleiroa, D., Hoehneb, L. & Goetterta, M. I. Effectiveness of aqueous and hydroalcoholic extracts of *Acanthospermum australe* (Loefl.) Kuntze against diarrhea-inducing bactéria. *Braz. J. Biol.* **78**, 619–624 (2018).

- ³⁸ Buhlmann, F., Abraham, W. R. & King, R. M. A New Labdane Derivative and Geranylphloroglucinols From *Achyrocline Alata*. *Phytochemistry*. **19**, 2475–2477 (1980).
- ³⁹ Lamaty, G., Menut, C., Bessière, J. M., Schenkel, E.P., Santos, M. A. & Bassani, V. The Chemical Composition of Some *Achyrocline satuireioides* and *Achyrocline alata* Oils from Brazil. *J. Essent. Oil Res.* **3**, 317–321 (1991).
- ⁴⁰ Pereira, L.X. et al. *Achyrocline alata* potentiates repair of skin full thickness excision in mice. *J. Tissue Viability*. **26**, 289–299 (2017).
- ⁴¹ Ruffa, M. J., Ferraro, G., Wagner, M.L., Calcagno, M.L., Campos, R.H. & Cavallaro, L. Cytotoxic effect of Argentine medicinal plant extracts on human hepatocellular carcinoma cell line. *J. Ethnopharmacol.* **79**, 335–339 (2002).
- ⁴² Martínez-Busi, M., Arredondo, F., González, D., Echeverry, C., Vega-Tejido, M.A., Carvalho, D., Rodrigues-Haralambides, A., Rivera, F., Dajas, F. & Abin-Carriquiry, J.A. Purification, structural elucidation, antioxidant capacity and neuroprotective potential of the main polyphenolic compounds contained in *Achyrocline satuireioides* (Lam) DC (Compositae). *Bioorg. Med. Chem.* **27**, 2579–2591 (2019).
- ⁴³ Andreotti, R., Garcia, M. V., Cunha, R. C. & Barros, J. C. Protective action of *Tagetes minuta* (Asteraceae) essential oil in the control of *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1887)(Acari: Ixodidae) in a cattle pen trial. *Vet. Parasitol.* **197**, 341–345 (2013).
- ⁴⁴ Gakuubi, M. M., Wagacha, J. M., Dossaji, S. F. & Wanzala, W. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Tagetes minuta* (Asteraceae) against selected plant pathogenic bacteria. *J. Essent. Oil Res.* **4**, 16–26 (2016).
- ⁴⁵ Rezaei, F., Jamei, R., & Heidari, R. Evaluation of Volatile Profile, Fatty Acids Composition and in vitro Bioactivity of *Tagetes minuta* Growing Wild in Northern Iran. *Adv. Pharm Bull.* **8**, 115 (2018).
- ⁴⁶ Araújo, A. C. J. et al. GC-MS-FID characterization and antibacterial activity of the *Mikania cordifolia* essential oil and limonene against MDR strains. *Food Chem Toxicol.* **136**, 111023 (2020).
- ⁴⁷ Liang, N. et al. Study on the chemical constituents of *Elephantopus mollis*. *Zhong Yao Cai.* **35**, 1775–1778 (2012).
- ⁴⁸ Bitchagno, G. T. M. et al. LC-ToF-ESI-MS patterns of hirsutinolide-like sesquiterpenoids present in the *Elephantopus mollis* Kunth extract and chemophenetic significance of Its chemical constituents. *Molecules.* **26**, 4810 (2021).
- ⁴⁹ Gao, J. J., Cheng, D. L., & Liu, X. P. Chemical constituents of *Emilia sonchifolia* L. DC. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.* **18**, 102–103, (1993).
- ⁵⁰ Couto, V. M. et al. Antinociceptive effect of extract of *Emilia sonchifolia* in mice. *J Ethnopharmacol.* **134**, 348–353 (2011).
- ⁵¹ Moreira, M. D. et al. Compounds from *Ageratum conyzoides*: isolation, structural elucidation and insecticidal activity. *Pest Manag Sci.* **63**, 615–621 (2007).
- ⁵² Pintong, A.R. et al. Insecticidal and histopathological effects of *Ageratum conyzoides* weed extracts against dengue vector, *Aedes aegypti*. *Insects* **11**, 224 (2020).

- ⁵³ Macedo, A. F., Barbosa, N. C., Esquibel, M. A., Souza, M. M. & Cechinel-Filho, V. Pharmacological and phytochemical studies of callus culture extracts from *Alternanthera brasiliana*. *Die Pharmazie*. **54**, 776–777 (1999).
- ⁵⁴ Alencar Filho, J.M.T. *et al.* Phytochemical analysis in *Alternanthera brasiliana* by LC-MS/MS and GC-MS. *Nat. Prod. Res.* **34**, 429–433 (2020).
- ⁵⁵ Luiz-Ferreira, A. *et al.* Mechanisms of the Gastric Antiulcerogenic Activity of *Anacardium humile* St. Hil on Ethanol-Induced Acute Gastric Mucosal Injury in Rats. *Molecules*. **15**, 7153–7166 (2010).
- ⁵⁶ Montanari, R.M. *et al.* Exposure to Anacardiaceae volatile oils and their constituents induces lipid peroxidation within food-borne bacteria cells. *Molecules* **17**, 9728–9740 (2012).
- ⁵⁷ Tabanca, N. *et al.* Flavan-3-ol-phenylpropanoid conjugates from *Anemopaegma arvense* and their antioxidant activities. *Planta med.* **73**, 1107–1111 (2007).
- ⁵⁸ Malange, K. F. *et al.* *Tabebuia aurea* decreases hyperalgesia and neuronal injury induced by snake venom. *J. Ethnopharmacol.* **233**, 131–140 (2019).
- ⁵⁹ Agostini, T., Cecchi, H., & Barrera-Arellano, D. (*Annona coriaceae*). *Arch. latinoam. nutr.* **45**, 237–241 (1995).
- ⁶⁰ Arruda, H. S., & Pastore, G. M. *Araticum* (*Annona crassiflora* Mart.) as a source of nutrients and bioactive compounds for food and non-food purposes: A comprehensive review. *Food. Res. Int.* **123**, 450–480 (2019).
- ⁶¹ Ferraz, C. R., Silva, D. B., Prado, L. C. S., Canabrava, H. A. N. & Bispo-da-Silva, L. B. Antidiarrhoeic effect and dereplication of the aqueous extract of *Annona crassiflora* (*Annonaceae*). *Nat. Prod. Res.* **33**, 563–567 (2019).
- ⁶² Prado, L. G. *et al.* Antioxidant, antiproliferative and healing properties of araticum (*Annona crassiflora* Mart.) peel and seed. *Food. Res. Int.* **133**, 109168 (2020).
- ⁶³ Colman-Saizarbitoria, T. *et al.* Bioactive annonaceous acetogenins from the bark of *Xylopia aromatica*. *J. Nat. Prod.* **57**, 486–493 (1994).
- ⁶⁴ Jurgens, A., Webber, A. C. & Gottsberger, G. Floral scent compounds of Amazonian Annonaceae species pollinated by small beetles and thrips. *Phytochemistry*. **55**, 551–558 (2000).
- ⁶⁵ Gomes, I. N. F. *et al.* Alkaloid and phenolic compounds of *Xylopia aromatica* inhibits tumor growth by down-regulating matrix metalloproteinase-2 (MMP-2) expression. *Pak. J. Pharm. Sci.* **34**, 599-606 (2021).
- ⁶⁶ Francisco, C. S. *et al.* Classification of *Aristolochia* species based on GC-MS and chemometric analyses of essential oils. *Phytochemistry*, **69**, 168–175 (2008).
- ⁶⁷ Pacheco, A. G. *et al.* Estudo químico e atividade antibacteriana do caule de *Aristolochia esperanzae* kuntze (*Aristolochiaceae*). *Quim. Nova.* **33**, 1649–1652 (2010).

- ⁶⁸ Abrão, F. *et al.* *Copaifera langsdorffii* oleoresin and its isolated compounds: antibacterial effect and antiproliferative activity in cancer cell lines. *BMC Complement. Altern. Med.* **15**, 10 (2015).
- ⁶⁹ Portella, R. O., Facanali, R., Marques, M. O. M. & Almeida, L. F. R. Chemical composition of essential oils from the vegetative and reproductive structures of *Copaifera langsdorffii* Desf. *Nat. Prod. Res.* **29**, 874–878 (2015).
- ⁷⁰ Almeida, L. F. R., Portella, R. O., Marques, M. O. M., Facanali, R. & Frei, F. Non-oxygenated sesquiterpenes in the essential oil of *Copaifera langsdorffii* Desf. increase during the day in the dry season. *PLoS one*, **11**, 0149332 (2016).
- ⁷¹ Motta, E. *et al.* Galloylquinic acid derivatives from *Copaifera langsdorffii* leaves display gastroprotective activity. *Chem. Biol. Interact.* **261**, 145–155 (2017).
- ⁷² Cintra, P. *et al.* Toxicity of *Dimorphandra mollis* to workers of *Apis mellifera*. *J. Braz. Chem. Soc.* **13**, 115–118 (2002).
- ⁷³ Hubinger, S. Z., Salgado, H. & Moreira, R. R. D. Controles físico, físico-químico, químico e microbiológico dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth., Fabaceae. *Rev. bras. Farmacogn.* **19**, 690–696 (2009).
- ⁷⁴ Petacci, F., Freitas, S. S., Brunetti, I. L. & Khalil, N. M. Inhibition of peroxidase activity and scavenging of reactive oxygen species by astilbin isolated from *Dimorphandra mollis* (Fabaceae, Caesalpinioideae). *Biol. Res.* **43**, 63–74 (2010).
- ⁷⁵ Hubbell, S. P., Wiemer, D. F. & Adejare, A. An antifungal terpenoid defends a neotropical tree (*Hymenaea*) against attack by fungus-growing ants (*Atta*). *Oecologia.* **60**, 321–327 (1983).
- ⁷⁶ Aguiar, J. C. D. *et al.* Chemical constituents and larvicidal activity of *Hymenaea courbaril* fruit peel. *Nat. Prod. Commun.* **5**, 1934578X1000501231 (2010).
- ⁷⁷ Bezerra, G. P. *et al.* Phytochemical study guided by the myorelaxant activity of the crude extract, fractions and constituent from stem bark of *Hymenaea courbaril* L. *J. Ethnopharmacol.* **149**, 62–69 (2013).
- ⁷⁸ Veggi, P. C., Prado, J. M., Bataglion, G. A., Eberlin, M. N. & Meireles, M. A. A. Obtaining phenolic compounds from jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) bark by supercritical fluid extraction. *J. Supercrit. Fluids.* **89**, 68–77 (2014).
- ⁷⁹ Periotto, F., Perez, S. C. J. G. D. A. & Lima, M. I. S. Allelopathic effect of *Andira humilis* Mart. ex Benth in the germination and growth of *Lactuca sativa* L. and *Raphanus sativus* L. *Acta Bot. Bras.* **18**, 425–430 (2004).
- ⁸⁰ Garcez, W. S., Garcez, F. R., Tieppo, C., de Freitas, O. N. & Hamerski, L. Isoflavones and flavonols from *Andira humilis*. *Biochem. Syst. Eco.* **38**, 1242–1245 (2010).
- ⁸¹ Arriaga, Â. M. C., Machado, M. I. L., Gomes, G. A. & Craveiro, A. A. Volatile constituents from roots of *Bowdichia virgilioides* Kunt. *J. Essent. Oil Res.* **10**, 205–206 (1998).

- ⁸² Rodrigues, M. O., Alves, P. B. *et al.* Volatile constituents and antibacterial activity from seeds of *Bowdichia virgilioides* Kunt. *J. Essent. Oil Res.* **21**, 286–288 (2009).
- ⁸³ Thomazzi, S. M. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory activities of *Bowdichia virgilioides* (sucupira). *J. Ethnopharmacol.* **127**, 451–456 (2010).
- ⁸⁴ Baldivia, D. D. S. *et al.* Evaluation of in vitro antioxidant and anticancer properties of the aqueous extract from the stem bark of *Stryphnodendron adstringens*. *Int. J. Mol. Sci.* **19**, 2432 (2018).
- ⁸⁵ Trevisan, D. A. C. *et al.* Antibacterial activity of Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) against *Staphylococcus aureus*: in vitro and in silico studies. *Lett. App. Microbiol.*, **71**, 259–271.5 (2020).
- ⁸⁶ Gutierrez-Lugo, M. T., Deschamps, J. D., Holman, T. R., Suarez, E. & Timmermann, B. N.. Lipoxygenase inhibition by ananthoflavone, a new flavonoid from the aerial parts of *Anadenanthera colubrina*. *Planta med.* **70**, 263–265 (2004).
- ⁸⁷ Silva, L. C. N. *et al.* Anti-*Staphylococcus aureus* action of three Caatinga fruits evaluated by electron microscopy. *Nat. Prod. Res.* **27**, 1492–1496 (2013).
- ⁸⁸ Lima, R. F., *et al.* Antimicrobial and antiproliferative potential of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* **2014** (2014).
- ⁸⁹ Junior, O. C. *et al.* In vitro and in vivo evaluation of anti-inflammatory activity and free radical scavenging potential of leaves extract from *Anadenanthera colubrina*. *Nat. Prod. Res.* **35**, 1–5 (2020).
- ⁹⁰ Rodrigues, O. R. *et al.* Antioxidant, anti-inflammatory and healing potential of ethyl acetate fraction of *Bauhinia unguolata* L.(Fabaceae) on in vitro and in vivo wound model. *Mol. Biol. Rep.* **47**, 2845–2859 (2020).
- ⁹¹ Barbosa, E. F., *et al.* Protein characterisation of *Brosimum gaudichaudii* Trécul latex and study of nanostructured latex film formation. *IET Nanobiotechnol.* **8**, 222–229 (2014).
- ⁹² Borges, J. D. C. *et al.* Evaluation of antibacterial activity of the bark and leaf extracts of *Brosimum gaudichaudii* Trécul against multidrug resistant strains. *Nat. Prod. Res.* **31**, 2931–2935 (2017).
- ⁹³ Engelbrecht, L. M. W. *et al.* Chemical Characterization, Antioxidant and Cytotoxic Activities of the Edible Fruits of *Brosimum gaudichaudii* Trécul, a Native Plant of the Cerrado Biome. *Chem. Biodivers.* **18** (2021).
- ⁹⁴ Sannomyia, M. *et al.* Avaliação mutagênica e investigação química de *Byrsonima intermedia* A. Juss. extratos de folhas. *J. Ethnopharmacol.* **112**, 319–326 (2007).
- ⁹⁵ Orlandi, L. *et al.* Anti-inflammatory and antinociceptive effects of the stem bark of *Byrsonima intermedia* A. Juss. *J. Ethnopharmacol.* **137**, 1469–1476 (2011).
- ⁹⁶ Moreira, H. D. C. & Bragança, H. B. N. *Manual de identificação de plantas infestantes*. FMC Agricultural Products, Campinas. 1017 (2011).
- ⁹⁷ Fraige, K., *et al.* Dereplication by HPLC-DAD-ESI-MS/MS and screening for biological activities of *Byrsonima* species (*Malpighiaceae*). *Phytochem. Anal.* **29**, 196–204 (2018).

- ⁹⁸ Santos, R.C. *et al.* As partições *Byrsonima intermedia* A. Juss promovem a gastroproteção contra úlceras pépticas e melhoram a cura por meio de atividades antioxidantes e anti-inflamatórias. *Biomed. Pharmacother.* **111**, 1112–1123 (2019).
- ⁹⁹ Zanatta, A. C., Vilegas, W., & Edrada-Ebel, R. UHPLC-(ESI)-HRMS and NMR-based metabolomics approach to access the seasonality of *Byrsonima intermedia* and *Serjania marginata* from Brazilian Cerrado flora diversity. *Front. Chem.* **534** (2021).
- ¹⁰⁰ Mathias, M. S., & Rodrigues de Oliveira, R. Differentiation of the phenolic chemical profiles of *Cecropia pachystachya* and *Cecropia hololeuca*. *Phytochem. Anal.* **30**, 73–82 (2019).
- ¹⁰¹ Cruz, E. M. *et al.* Leishmanicidal activity of *Cecropia pachystachya* flavonoids: Arginase inhibition and altered mitochondrial DNA arrangement. *Phytochemistry*, **89**, 71–77 (2013).
- ¹⁰² Brango-Vanegas, J. *et al.* Glycosylflavonoids from *Cecropia pachystachya* Trécul are quorum sensing inhibitors. *Phytomedicine*, **21**, 670–675.
- ¹⁰³ Pacheco, N. R. *et al.* *Cecropia pachystachya*: a species with expressive in vivo topical anti-inflammatory and in vitro antioxidant effects. *International BR.* **2014**, 1–10 (2014).
- ¹⁰⁴ Duque, A. P. D. N. *et al.* In vivo wound healing activity of gels containing *Cecropia pachystachya* leaves. *J. Pharm. Pharmacol.* **68**, 128–138 (2016).
- ¹⁰⁵ Ortmann, C. F. *et al.* LC/QTOF profile and preliminary stability studies of an enriched flavonoid fraction of *Cecropia pachystachya* Trécul leaves with potential antidepressant-like activity. *Biomed. Chromatogr.* **31**, e3982 (2017).
- ¹⁰⁶ Machado, C. D. *et al.* Ethnopharmacological investigations of the leaves of *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae): A native Brazilian tree species. *J. Ethnopharmacol.* **270**, 113740 (2021).
- ¹⁰⁷ CNCFlora. *Cayaponia rugosa* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cayaponia rugosa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cayaponia_rugosa)>. Acesso em 15 novembro 2021.
- ¹⁰⁸ Abd El-Hafiz, M. A., Weniger, B., Quirion, J.C., Anton, R. Ketoalcohols, lignans and coumarins from *Chiococca alba*. *Phytochemistry*. **30**, 2029–2031 (1991).
- ¹⁰⁹ Olmedo, D. *et al.* A new coumarin from the fruits of *Coutarea hexandra*. *Nat. Prod. Res.* **21**, 625–631 (2007).
- ¹¹⁰ Nunes, L. G. *et al.* The mutagenic, DNA-damaging and antioxidative properties of bark and leaf extracts from *Coutarea hexandra* (Jacq.) K. Schum. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* **33**, 297–303 (2012).
- ¹¹¹ Candido, L. P., Cavalcanti, M. T. & Beserra, E. B. Bioactivity of plant extracts on the larval and pupal stages of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* **46**, 420–425 (2013).
- ¹¹² Peres, M. T. L. P., Monache, F. D., Cruz, A. B., Pizzolatti, M. G. & Yunes, R. A. Chemical composition and antimicrobial activity of *Croton urucurana* Baillon (Euphorbiaceae). *J. Ethnopharmacol.* **56**, 223–226 (1997).

- ¹¹³ Gurgel, L.A. *et al.* Studies on the antidiarrhoeal effect of dragon's blood from *Croton urucurana*. *Phytother. Res.* **15**, 319–322 (2001).
- ¹¹⁴ Milo, B., Risco, E., Vila, R., Iglesias, J. & Cañigüeral, S. Characterization of a Fucoarabinogalactan, the Main Polysaccharide from the Gum Exudate of *Croton urucurana*. *J. Nat Prod.* **65**, 1143–1146 (2002).
- ¹¹⁵ Cordeiro, K. W., Felipe, J. L., Malange, K. F., do Prado, P. R., de Oliveira Figueiredo, P., Garcez, F. R., Freitas, K.C., Garcez, W.S., & Toffoli-Kadri, M. C. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Croton urucurana* Baillon bark. *J. Ethnopharmacol.* **183**, 128–135 (2016).
- ¹¹⁶ Barbieri, D. S. *et al.* Antiadherent activity of *Schinus terebinthifolius* and *Croton urucurana* extracts on in vitro biofilm formation of *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*. *Arch. Oral Biol.* **59**, 887–896 (2014).
- ¹¹⁷ Cândido-Bacani, P. M. *et al.* [1–9-NαC]-crouorb A1 isolated from *Croton urucurana* latex induces G2/M cell cycle arrest and apoptosis in human *hepatocarcinoma* cells. *Toxicol. lett.* **273**, 44–54 (2017).
- ¹¹⁸ Alves, J. J. L. *et al.* Perfil fenólico de *Croton urucurana* Baill. Folhas, Caules e Cascas: Influência dos Pares da Temperatura de Secagem e do Solvente de Extração. *Molecules.* **25**, 2032 (2020).
- ¹¹⁹ Garcia, E.F. *et al.* Antiedematogenic activity and phytochemical composition of preparations from *Echinodorus grandiflorus* leaves. *Phytomedicine.* **18**, 80–86 (2010).
- ¹²⁰ Gasparotto, F. M. *et al.* Heart-protective effects of *Echinodorus grandiflorus* in rabbits that are fed a high-cholesterol diet. *Planta med.* **84**, 1271–1279 (2018).
- ¹²¹ Gasparotto, F. M. *et al.* Antiatherosclerotic properties of *Echinodorus grandiflorus* (Cham. & Schltld.) Micheli: from antioxidant and lipid-lowering effects to an anti-inflammatory role. *J. Med. Food.* **22**, 919–927 (2019).
- ¹²² Alavarce, R. A. D. S. Fitoterápico *Equisetum giganteum* e estomatite protética: estudo da ação antimicrobiana, antiaderente e anti-inflamatória contra *Candida albicans*, e potencial citotóxico sobre células epiteliais do palato humano (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo) (2014).
- ¹²³ Churqui, M. P. *et al.* Extracts of *Equisetum giganteum* L and *Copaifera reticulata* Ducke show strong antiviral activity against the sexually transmitted pathogen *herpes simplex virus type 2*. *J. Ethnopharmacol.* **210**, 192–197 (2018).
- ¹²⁴ Jabeur, I., *et al.* Contribuição da composição fenólica para o potencial antioxidante, antiinflamatório e antitumoral de *Equisetum giganteum* L. e *Tilia platyphyllos* Scop. *Food Funct.* **8**, 975–984 (2017).
- ¹²⁵ Kuroda, M. *et al.* Glicosídeos oleanano e taraxerano das raízes de *Gomphrena macrocephala*. *J Nat. Prod.* **69**, 1606–1610 (2006).
- ¹²⁶ Mercier, H., Vieira, C. C. J. & Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. Tissue culture and plant propagation of *Gomphrena officinalis* — a Brazilian medicinal plant. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* **28**, 249–254 (1992).

- ¹²⁷ Weniger, B., Robledo, S., Arango, G.J., Deharo, E., Aragón, R., Muñoz, V., Callapa, J., Lobstein, A., Anton, R. Antiprotozoal activities of Colombian plants. *J. Ethnopharmacol.* **78**, 193–200 (2001).
- ¹²⁸ Lago, J. H. G., Brochini, C. B., & Roque, N. F. Terpenoids from *Guarea guidonia*. *Phytochemistry*, **60**, 333–338 (2002).
- ¹²⁹ Bellone, M. L. *et al.* Limonóides de *Guarea guidonia* e *Cedrela odorata*: Heat Shock Protein 90 (Hsp90) Modulator Properties of Chisomicine D. *J. Nat. Prod.* **84**, 724–737 (2021).
- ¹³⁰ Bellone, M.L., Camero, C.M., Chini, M.G., Piaz, F.D., Hernandez, V., Bifulco, G., Tommasi, N. & Braca, A. Limonóides de *Guarea guidonia* e *Cedrela odorata*: Heat Shock Protein 90 (Hsp90) Modulator Properties of Chisomicine D. *J. Nat. Prod.* **84**, 724–737 (2021).
- ¹³¹ Lorenzi, H., & Matos, F. J. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas* (2002).
- ¹³² Felipe, A. M. M. *et al.* Antiviral effect of *Guazuma ulmifolia* and *Stryphnodendron adstringens* on poliovirus and bovine herpesvirus. *Biol. Pharm. Bull.* **29**, 1092–1095 (2006).
- ¹³³ Berenguer, B. *et al.* The aerial parts of *Guazuma ulmifolia* Lam. protect against NSAID-induced gastric lesions. *J. Ethnopharmacol.* **114**, 153–160 (2007).
- ¹³⁴ Magos, G.A. *et al.* Hypotensive and vasorelaxant effects of the procyanidin fraction from *Guazuma ulmifolia* bark in normotensive and hypertensive rats. *J. Ethnopharmacol.* **117**, 58–68 (2008).
- ¹³⁵ Maldini, M. *et al.* Flavanocumarinas da casca de *Guazuma ulmifolia* e avaliação de sua afinidade por STAT1. *Phytochemistry*. **86**, 64–71 (2013).
- ¹³⁶ Karthika, V. *et al.* *Guazuma ulmifolia* bark-synthesized Ag, Au and Ag/Au alloy nanoparticles: Photocatalytic potential, DNA/protein interactions, anticancer activity and toxicity against 14 species of microbial pathogens. *J. Photochem. Photobiol. B.* **167**, 189–199 (2017).
- ¹³⁷ Santos, J. M. *Guazuma ulmifolia* Lam. (*Malvaceae*) reduz estresse oxidativo em células sanguíneas e previne cardiotoxicidade induzida por doxorubicina. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS (2017).
- ¹³⁸ Pereira, G. A., Arruda, H. S., de Moraes, D. R., Araujo, N. M. P., & Pastore, G. M. Mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) fruit as a novel source of dietary fibre and phenolic compounds. *Food Chem.* **310**, 125857 (2020).
- ¹³⁹ Muniz, G. L., Silva, T. C. F. & Borges, A. C. Avaliação e otimização do uso de um novo coagulante natural (*Guazuma ulmifolia*) para tratamento de águas residuais de laticínios. *Sci. Total Environ.* **744**, 140864 (2020).
- ¹⁴⁰ Sharma, O. P., Dawra, R. K. & Makkar, H. P. S. Isolation and partial purification of *Lantana* (*Lantana camara* L.) toxins. *Toxicol. Lett.* **37**, 165–172 (1987).

- ¹⁴¹ Misra, N. *et al.* Chemical constituents and antifilarial activity of *Lantana camara* against human lymphatic filariid *Brugia malayi* and rodent filariid *Acanthocheilonema viteae* maintained in rodent hosts. *Parasitol. Res.* **100**, 439–448 (2007).
- ¹⁴² Nayak, B.S., Raju, S.S., Eversley, M., Ramsubhag, A. Evaluation of wound healing activity of *Lantana camara* L.—a preclinical study. *Phytother. Res.* **23**, 241–245 (2009).
- ¹⁴³ Sathish, R., Vyawahare, B. & Natarajan, K. Antiulcerogenic activity of *Lantana camara* leaves on gastric and duodenal ulcers in experimental rats. *J. Ethnopharmacol.* **134**, 195–197 (2011).
- ¹⁴⁴ Begum, S., Ayub, A., Shaheen Siddiqui, B., Fayyaz, S., & Kazi, F. Nematicidal triterpenoids from *Lantana camara*. *Chem. Biod.* **12**, 1435–1442 (2015).
- ¹⁴⁵ Nea, F. *et al.* Composition, seasonal variation, and biological activities of *Lantana camara* essential oils from Côte d’Ivoire. *Molecules.* **25**, 2400 (2020).
- ¹⁴⁶ Castro, K.N.C. *et al.* In vitro efficacy of essential oils with different concentrations of 1, 8-cineole against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Rev. Bras Parasitol. Vet.* **27**, 203–210 (2018).
- ¹⁴⁷ Costa, A. R. *et al.* In vitro antibiotic and modulatory activity of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze against *Candida* strains. *Antibiotics*, **9**, 46 (2020).
- ¹⁴⁸ Cecílio, A. B. *et al.* Screening of Brazilian medicinal plants for antiviral activity against rotavirus. *J. Ethnopharmacol.* **141**, 975–981 (2012).
- ¹⁴⁹ Souza, T. M. *et al.* Insecticidal activity against *Aedes aegypti* of m-pentadecadienyl-phenol isolated from *Myracrodruon urundeuva* seeds. *Pest. Manag. Sci.* **68**, 1380–1384 (2012).
- ¹⁵⁰ Figueredo, F. G. *et al.* Chemical composition and evaluation of modulatory of the antibiotic activity from extract and essential oil of *Myracrodruon urundeuva*. *Pharm. Biol.* **52**, 560–565 (2014).
- ¹⁵¹ Araújo, I. D. R. *et al.* Chemical composition and evaluation of the antibacterial and Cytotoxic activities of the essential oil from the leaves of *Myracrodruon urundeuva*. *BMC Complement. Altern. Med.* **17**, 1–8 (2017).
- ¹⁵² Soares, A.M.S. *et al.* *Myracrodruon urundeuva* seed exudates proteome and anthelmintic activity against *Haemonchus contortus*. *Plos one.* **13**, (2018).
- ¹⁵³ Bernuci, K. Z. *et al.* Evaluation of chemical composition and antileishmanial and antituberculosis activities of essential oils of *Piper species*. *Molecules*, **21**, 1698 (2016).
- ¹⁵⁴ Thao, N. P. *et al.* Anti-inflammatory flavonoid C-glycosides from *Piper aduncum* leaves. *Planta med.* **82**, 1475–1481 (2016).
- ¹⁵⁵ Villamizar, L. H., Cardoso, M. D. G., Andrade, J. D., Teixeira, M. L., & Soares, M. J. (2017). Linalool, a *Piper aduncum* essential oil component, has selective activity against *Trypanosoma cruzi* trypomastigote forms at 4 C. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **112**, 131–139.

- ¹⁵⁶ Sousa, P. J. *et al.* Avaliação toxicológica do óleo essencial de *Piper aduncum* L. *Rev. bras. farmacogn.* **18**, 217–221 (2008).
- ¹⁵⁷ Oliveira, J. S. F. *et al.* Effects of inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi on the composition of the essential oil, plant growth, and lipoxygenase activity of *Piper aduncum* L. *AMB Express.* **9**, 1–12 (2019).
- ¹⁵⁸ Silva, A. C. A. *et al.* Gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) characterization and evaluation of antibacterial bioactivities of the essential oils from *Piper arboreum* Aubl., *Piper aduncum* L. e *Piper gaudichaudianum* Kunth. *Z. Naturforsch. C.* **76**, 35–42 (2021).
- ¹⁵⁹ Albino, R. C. *et al.* Oxidation of monoterpenes in *Protium heptaphyllum* oleoresins. *Phytochemistry*, **136**, 141–146 (2017).
- ¹⁶⁰ Cabral, R. S. *et al.* Chemical composition of essential oils from different parts of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand and their *in vitro* antibacterial activity. *Nat. Prod. Res.* **34**, 2378–2383 (2020).
- ¹⁶¹ Mendes, J. L., de Araújo, T. F. & Geraldo de Carvalho, M., Aragão Catunda Júnior, F. E., & Albuquerque Costa, R. Chemical composition and mechanism of vibriocidal action of essential oil from resin of *Protium heptaphyllum*. *Sci. World J.*(2019).
- ¹⁶² Faustino, C. G. *et al.* Larvicide Activity on *Aedes aegypti* of Essential Oil Nanoemulsion from the *Protium heptaphyllum* Resin. *Molecules*, **25**, 5333 (2020).
- ¹⁶³ Amado, P. A. *et al.* Phenolic compounds: antioxidant and larvicidal potential of *Smilax brasiliensis* Sprengel leaves. *Nat. Prod. Res.* (2019).
- ¹⁶⁴ Nishijima, C. M. N., Rodrigues, C. M., Silva, M. A., Lopes-Ferreira, M., Vilegas, W., & Hiruma-Lima, C. A. Anti-hemorrhagic activity of four Brazilian vegetable species against *Bothrops jararaca* venom. *Molecules*, **14**, 1072–1080 (2009).
- ¹⁶⁵ Honório-França, A. C., Marins, C. M. F., Boldrini, F., & França, E. L. Evaluation of hypoglycemic activity and healing of extract from amongst bark of” Quina do Cerrado”(*Strychnos pseudoquina* ST. HILL). *Acta Cir. Bras.* **23**, 504–510 (2008).
- ¹⁶⁶ Sarandy, M. M. *et al.* *Strychnos pseudoquina* modulates the morphological reorganization of the scar tissue of second intention cutaneous wounds in rats. *PLoS One*, **13**, e0195786 (2018).
- ¹⁶⁷ Lage, P. S. *et al.* *Strychnos pseudoquina* and its purified compounds present an effective *in vitro* antileishmanial activity. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* (2013).
- ¹⁶⁸ Gontijo, D. C. *et al.* Assessment of the phenolic content, mutagenicity and genotoxicity of ethanolic extracts of stem bark and leaves from *Strychnos pseudoquina* A. St.-hil. *Dru.g Chem. Toxicol.* **43**, 539–545 (2020).
- ¹⁶⁹ Rodríguez-Hernández, K. D. *et al.* Coumarins isolated from *Calophyllum brasiliense* produce ultrastructural alterations and affect *in vitro* infectivity of *Trypanosoma cruzi*. *Phytomedicine*, **61**, 152827 (2019).

- ¹⁷⁰ Oliveira, A. P. *et al.* *Costus spiralis* (Jacq.) Roscoe: a novel source of flavones with α -glycosidase inhibitory activity. *Chem. Biodivers.* **15** (2017).
- ¹⁷¹ Morais, M. G. *et al.* Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities of the ethanol extract of ripe fruits of *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae). *J. Ethnopharmacol.* **261**, 113–125 (2020).
- ¹⁷² Souza, G. R., *et al.* Chemical profile, liver protective effects and analgesic properties of a *Solanum paniculatum* leaf extract. *Biomed. Pharmacother.* **110**, 129–138 (2019).
- ¹⁷³ Silva, D. B., Vieira, R. F., Bringel Junior, J. D. A., Melo, L. A. M. P., & Alves, R. B. N. Coleta, conservação e cultivo experimental de macela (*Achyrocline* spp.-Asteraceae), na região do cerrado. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Circular Técnica (INFOTECA-E) (2019).
- ¹⁷⁴ Vieira, M. C. *et al.* Adubação fosfatada associada à cama de frango e sua influência na produtividade e no teor de flavonoides da Marcela (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) em duas épocas de colheita. *Rev. Bras. Pl. Med.* **17**, 246–253 (2015).
- ¹⁷⁵ Garcia, D. *Respostas agronômicas e fitoquímicas de Achyrocline satureioides* (Lam.) DC. cv. CPQBA 2 em função de adubação orgânica e espaçamentos. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista – Botucatu, 139p (2017).
- ¹⁷⁶ Chamorro, E. R., Ballerini, G., Sequeira, A. F., Velasco, G. A., & Zalazar, M. F. Chemical composition of essential oil from *Tagetes minuta* L. leaves and flowers. *The J. Argent. Chem. Soc.* **96**, 80–86 (2008).
- ¹⁷⁷ Ferraz, S., & Freitas, L. D. O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais. Departamento de Fitopatologia- UFV, 1–17 (2008).
- ¹⁷⁸ Roca, L. B. *et al.* Caracterización física y tamizaje fitoquímico de la especie *Tagetes erecta* Lin. *Rev. Cub. Quim.* **21**, 10-15 (2009).
- ¹⁷⁹ Garlet, T. M. B. & Irgang, B. E. Plantas medicinais utilizadas na medicina popular por mulheres trabalhadoras rurais de Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Bras. Pl. Med.* **4**, 9–18 (2001).
- ¹⁸⁰ Maciel, C. D. G., Poletini, J. P., Neto, A. M. O., Guerra, N. & Justiniano, W. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cafezal orgânico. *Bragantia* **69**, 631–636 (2010).
- ¹⁸¹ Yamashita, O. M., Guimarães, S. C., Silva, J. L., Carvalho, M. A. C. & Camargo, M. F. Effect of environmental factors on germination of *Emilia sonchifolia* seeds. *Planta daninha* **27**, 673–681 (2009).
- ¹⁸² Millani, A. A., Rossatto, D. R., Rubin Filho, C. J. & Kolb, R. M.. Growth analysis and leaf anatomy of the medicinal plant *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) grown on different substrates. *Rev. Bras. Pl. Med.* **12**, 127–134 (2010).
- ¹⁸³ Kissmann, K.G., Groth, D. *Plantas infestantes e nocivas*: Tomo 1, 2. BASF ed. (1999).
- ¹⁸⁴ Pereira, D. F. *et al.* Antimicrobial Activity of a Crude Extract and Fractions from *Alternanthera brasiliana* (L.) O. Kuntze Leaves. *Lat. Am. J. Pharm.* **26**, 893–896 (2007).

- ¹⁸⁵ Facundo, V. A. *et al.* Chemical constituents from three medicinal plants: *Piper renitens*, *Siparuna guianensis* and *Alternanthera brasiliana*. *Rev. Bras. Farmacogn.* **22**, 1134–1139 (2012).
- ¹⁸⁶ Nery, P. S., Nogueira, F. A., Martins, E. R. & Duarte, E. R.. Effects of *Anacardium humile* leaf extracts on the development of gastrointestinal nematode larvae of sheep. *Vet. Parasitol.* **171**, 361–364 (2010).
- ¹⁸⁷ Luiz-Ferreira, A. *et al.* Mechanisms of the Gastric Antiulcerogenic Activity of *Anacardium humile* St. Hil on Ethanol-Induced Acute Gastric Mucosal Injury in Rats. *Molecules.* **15**, 7153–7166 (2010).
- ¹⁸⁸ Royo, V. A. *et al.* Anatomy, histochemistry, and antifungal activity of *Anacardium humile* (*Anacardiaceae*) leaf. *Microsc. Microanal.* **21**, 1549–1561 (2015).
- ¹⁸⁹ Weber, C. R. *et al.* *Anadenanthera colubrina*: a therapeutic potential study. *Rev. Bras. Farm.* **92**, 235–244 (2011).
- ¹⁹⁰ Agra, M. D. F., Baracho, G. S., Nurit, K., Basílio, I. J. L. D. & Coelho, V. P. M.. Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano”, Brazil. *J. Ethnopharmacol.* **111**, 383–395 (2007).
- ¹⁹¹ Freitas, C. V. & Oliveira, P. E. Biologia reprodutiva de *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae*, *Caesalpinioideae*. *Braz. J. Bot.* **25**, 311–321 (2002).
- ¹⁹² Veiga Junior, V. F. & Pinto, A. C. O gênero *Copaifera* L. *Quim. Nova.* **25**, 273–286 (2002).
- ¹⁹³ Ribeiro, D. A. *et al.* Promising medicinal plants for bioprospection in a Cerrado area of Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. *J. Ethnopharmacol.* **155**, 1522–1533 (2014).
- ¹⁹⁴ Audi, E. A. *et al.* Biological activity and quality control of extract and stem bark from *Stryphnodendron adstringens*. *Acta Farm. Bonaer.* **23**, 328–333 (2004).
- ¹⁹⁵ Ishida, K. *et al.* and Nakamura, C.V. Influence of tannins from *Stryphnodendron adstringens* on growth and virulence factors of *Candida albicans*. *J. Antimicrob. Chemother.* **58**, 942–949 (2006).
- ¹⁹⁶ Morey AT. *et al.* Antifungal activity of condensed tannins from *Stryphnodendron adstringens*: effect on *Candida tropicalis* growth and adhesion properties. *Curr. Pharm. Biotechnol.* **17**, 365–375 (2016).
- ¹⁹⁷ Freitas, A. L. D. *et al.* Proanthocyanidin polymeric tannins from *Stryphnodendron adstringens* are effective against *Candida* spp. isolates and for vaginal candidiasis treatment. *J. Ethnopharmacol.* **216**, 184–190 (2018).
- ¹⁹⁸ Lima, J. C. S., Martins, D. T. O. & Souza, Jr., P. T. Experimental evaluation of stem bark of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville for antiinflammatory activity. *Phytother. Res.* **12**, 218–220 (1998).
- ¹⁹⁹ Holetz, F. B. *et al.* Biological effects of extracts obtained from *Stryphnodendron adstringens* on *Herpetomonas samuelpessoai*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* **100**, 397–401 (2005).

- ²⁰⁰ Felipe, A. M. M. *et al.* Antiviral Effect of *Guazuma ulmifolia* and *Stryphnodendron adstringens* on poliovirus and bovine herpesvirus. *Biol. Pharm. Bull.* **29**, 1092–1095 (2006).
- ²⁰¹ Souza-Moreira, T. M., Queiroz-Fernandes, G. M., & Pietro, R. C. *Stryphnodendron* species known as “barbatimão”: a comprehensive report. *Molecules*, **23**, 910 (2018).
- ²⁰² Cota, L. G. *et al.* Genetic diversity of *Annona crassiflora* (Annonaceae) in northern minas gerais state. *Genet. Mol. Res.* **10**, 2172–2180 (2011).
- ²⁰³ Silva, L. E., Reis, R. A., Moura, E. A., Amaral, W., & SOUSA, P. (2015). Plantas do gênero *Xylopia*: composição química e potencial farmacológico. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* **17**, 814–826.
- ²⁰⁴ Corrêa, M. P. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura (1978).
- ²⁰⁵ Martins, F. S., Sy, S. K., Fonseca, M. J. V. & De Freitas, O. Pharmacokinetics, pharmacodynamics and dermal distribution of 5-methoxypsoralen based on a physiologically based pharmacokinetic model to support phytotherapy using *Brosimum gaudichaudii*. *Planta Med.* **86**, 276–283 (2020).
- ²⁰⁶ Nico, D. *et al.* The adjuvanticity of *Chiococca alba* saponins increases with the length and hydrophilicity of their sugar chains. *Vaccine* **30**, 3169–3179 (2012).
- ²⁰⁷ Conceição, F. G. D. Efeitos anti-hipertensivos e microcirculatórios do extrato hidroalcolico de *Echinodorus grandiflorus* (chapéu de couro) em ratos espontaneamente hipertensos. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro (2011).
- ²⁰⁸ Marques, A. M., Provance Jr, D. W., Kaplan, M. A. C., & Figueiredo, M. R. *Echinodorus grandiflorus*: Ethnobotanical, phytochemical and pharmacological overview of a medicinal plant used in Brazil. *Food Chem. Toxicol.* **109**, 1032–1047 (2017).
- ²⁰⁹ Galvão, W. A. *et al.* Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão-A conservationist proposal for the species. *J. Ethnopharmacol.* **222**, 177–189 (2018).
- ²¹⁰ Monzote, L., Scull, R., Cos, P. & Setzer, W. N. Essential oil from *Piper aduncum*: chemical analysis, antimicrobial assessment, and literature review. *Medicines* **4**, 49 (2017).
- ²¹¹ Corrêa, M. P. *Dicionário das plantas uteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **5**, 388 (1978).
- ²¹² Oliveira, V. C. & Joly, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth response. *Trees* **24**, 185–193 (2010).
- ²¹³ Alho, C. J. R. Concluding remarks: overall impacts on biodiversity and future perspectives for conservation in the Pantanal biome. *Braz. J. Biol.* **71**, 337–341 (2011).

- ²¹⁴ Ferreira, S. D. C. *Asteraceae Martinov. em um fragmento florestal, Viçosa, Minas Gerais, Brasil: florística e aspectos reprodutivos*. Tese de Doutorado, Universidade de Viçosa, 143 (2006).
- ²¹⁵ Mateus, S. Abundância relativa, fenologia e visita às flores pelos Apoidea do cerrado da Estação Ecológica de Jataí, Luis Antônio–SP. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 159p. (1998).
- ²¹⁶ Barbosa, A. A. A. Biologia reprodutiva de uma comunidade de Campo Sujo, Uberlândia/MG. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 108p. (1997).
- ²¹⁷ Borges, L. A., Machado, I. C. & Lopes, A. V. Bee pollination and evidence of substitutive nectary in *Anadenanthera colubrina* (Leguminosae-Mimosoideae). *Arthropod-Plant Interact.*, **11**, 263–271 (2017).
- ²¹⁸ Andena, S. R., Bego, L. R., Mechi, M. R. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. *Rev. Bras. Zool.* **7**, 55–91 (2009).
- ²¹⁹ Carvalho, A. M. C. Estudo das interações entre a apifauna e a flora apícola em vegetação de cerrado – Reserva Ecológica do Panga – Uberlândia – MG. Dissertação de Mestrado pela Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 125 p. (1990).
- ²²⁰ Aliscioni, S. S., Achler, A. P. & Torretta, J. P. Floral anatomy, micromorphology and visitor insects in three species of *Aristolochia* L. (Aristolochiaceae). *N. Z. J. Bot.* **55**, 496–513 (2017).
- ²²¹ Copa-Alvaro, M. Patrones nidificación de *Trigona (Tetragonisca) angustula* y *Melipona rufiventris* (Hymenoptera: Meliponini) en el norte de La Paz, Bolivia. *Ecol. Apl.* **3**, 82–86 (2004).
- ²²² Martins, C.F., Cortopassi-laurino, M., Koedam, D. & Imperatriz-fonseca, V.L. The use of trees for nesting by stingless bees in Brazilian caatinga. *Proceedings XXXVI International Apicultural Congress*, 1–8 (2001).
- ²²³ Fischer, E. A. Foraging of nectarivorous bats on *Bauhinia unguolata*. *Biotropica*, **24**, 579–582 (1992).
- ²²⁴ Aidar, I. F., Bartelli, B. F., & Nogueira-Ferreira, F. H. Network of beeplant interactions and recognition of key species in semideciduous forest. *Sociobiology*, **62**, 583–592 (2015).
- ²²⁵ Pedro, S. R. M. Sobre as abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em um ecossistema de cerrado (Cajuru, NE do estado de São Paulo): Composição, fenologia e visita as flores. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 164p. (1992).
- ²²⁶ Fischer, E. A. & Santos, F. A. M. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. *J. Trop. Ecol.* **17**, 903–909 (2001).
- ²²⁷ Araújo, T. N., Pires, L. P., Meireles, D. A. L. & Augusto, S. C. Individual-resource network between *Xylocopa* bees and plant resources: generalist species, specialist individuals? *Ecol. Entomol.* **46**, 1273-1282 (2021).

- ²²⁸ Steiner, J., Zillikens, A., Kamke, R., Feja, E. P. & Falkenberg, D. de B. Bees and melittophilous plants of secondary Atlantic Forest habitats at Santa Catarina island, southern Brazil. *Oecol. Aust.* **14**, 16–39 (2010).
- ²²⁹ Vieira, M. F. & Souza Lima, N. A. Pollination of *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae). *Aquatic Botany*, **58**, 89–98 (1997).
- ²³⁰ Pansarin, L. M.. Reproductive biology of *Echinodorus grandiflorus* (Alismataceae): evidence of self-sterility in populations of the state of São Paulo. *Rodriguésia*, **62**, 213–221 (2011).
- ²³¹ Kiill, L. H. P., Haji, F. N. P. & Lima, P. C. F. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. *Sci. Agr.* **57**, 575–580 (2000).
- ²³² Gonçalves, R. B. & Melo, G. A. R. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s. l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. *Rev. Bras. Entomol.* **49**, 557–571 (2005).
- ²³³ Vosgueritchian, S. B. Redes de interação plantas-visitantes florais e a restauração de processos ecológicos em florestas tropicais -Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo (2010).
- ²³⁴ Bosco, L. B. & Luz, C. F. P. da. Pollen analysis of Atlantic Forest honey from the Vale do Ribeira Region, state of São Paulo, Brazil. *Grana*, **57**, 144–157 (2018).
- ²³⁵ Ortiz, P. L., Arista, M., Oliveira, P. E. & Talavera, S. Pattern of flower and fruit production in *Stryphnodendron adstringens*, an Andromonoecious legume tree of Central Brazil.. *Plant Biol.* **5**, 592–599 (2003).
- ²³⁶ Lobo, J. A., Lacerda Ramos, D. de & Braga, A. C. Visitation rate of pollinators and nectar robbers to the flowers and inflorescences of *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae): effects of floral display size and habitat fragmentation. *Bot. J. Linn. Soc.* **181**, 667–681 (2016).
- ²³⁷ Aragão, D. S., Costa, C. B. N. & Nascimento, V. T. do. (2019) Biologia floral, fenologia reprodutiva e polinização de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) em uma área de Cerrado no oeste da Bahia. *Paubrasilia*, **2**, 17–26.



ISBN 978-65-86084-98-6



9 786586 108498 6