



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

EDSON SILVA BARBOSA LEAL

**POTENCIAL ESPELEOLÓGICO, USO DE ABRIGOS E MOBILIDADE DE
GRANDES CONGREGAÇÕES DE MORCEGOS NO CARSTE ARENÍTICO DO
PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU E ÁREA DE ENTORNO, NORDESTE DO
BRASIL**

Recife
2021

EDSON SILVA BARBOSA LEAL

**POTENCIAL ESPELEOLÓGICO, USO DE ABRIGOS E MOBILIDADE DE
GRANDES CONGREGAÇÕES DE MORCEGOS NO CARSTE ARENÍTICO DO
PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU E ÁREA DE ENTORNO, NORDESTE DO
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal. Área de concentração: Zoologia

Orientador: Profº. Dr. Enrico Bernard.

Recife
2021

Catálogo na Fonte:
Elaine C Barroso, CRB-4/1728

Leal, Edson Silva Barbosa

Potencial espeleológico, uso de abrigos e mobilidade de grandes congregações de morcegos no carste arenítico do Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Nordeste do Brasil / Edson Silva Barbosa Leal. – 2021.

146 f. : il., fig., tab.

Orientador: Enrico Bernard.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Recife, 2021.

Inclui referências e apêndice.

1. Morcego 2. Cavernas 3. Brasil, Nordeste I. Bernard, Enrico(orientador).
II. Título.

599.4

CDD (22.ed)

UFPE/CB-2021-238

EDSON SILVA BARBOSA LEAL

**POTENCIAL ESPELEOLÓGICO, USO DE ABRIGOS E MOBILIDADE DE
GRANDES CONGREGAÇÕES DE MORCEGOS NO CARSTE ARENÍTICO DO
PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU E ÁREA DE ENTORNO, NORDESTE DO
BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Biologia Animal. Área de concentração: Zoologia.

Aprovada em: 27/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Enrico Bernard (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Bruna Martins Bezerra (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Filipe Martins Aléssio (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco

Profº. Dr. Juan Carlos Vargas-Mena (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Profº. Dr. Luiz Augustinho Menezes da Silva (Examinador Externo)
Centro Acadêmico de Vitória – Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Martín Alejandro Montes (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profº. Dr. Pedro Murilo Sales Nunes (Suplente Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr. Éder Barbier (Suplente Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

A minha mãe Terezinha Maria da Silva por toda a luta travada para dar uma boa educação e um futuro digno às minhas irmãs e a mim.

A minha Tia-mãe Lindalva Maria da Silva e tia Ana Mara da Silva pela dedicação, amor e carinho sempre presentes.

Ao meu ex-orientador Prof. Deoclécio de Queiróz Guerra (***In Memoriam***), por todo o apoio dado ao longo da minha trajetória.

Ao meu ex-orientador Prof. Fábio Hissa Vieira Hazin (***In Memoriam***), sua recente partida está sendo muito dolorosa.

Dedico.

“Transportai um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha”
(CONFÚCIO)

AGRADECIMENTOS

Aos Coordenadores do Programa Ecológico de Longa Duração, sítio Catimbau (PELD Catimbau), Dr. Marcelo Tabarelli e Dra. Inara Leal, do Departamento de Botânica da UFPE, pelo suporte logístico fornecido durante as atividades de campo no Parque Nacional do Catimbau/PE.

Ao Diego de Medeiros Bento (analista ambiental do ICMBio/CECAV/Base Avançada de Natal/RN) pela cessão de dados e repasse das informações levantadas na primeira expedição de inventário espeleológico do PNC em 2014, e por todo o esforço em viabilizar as expedições de prospecção.

A Alessandro Fabiano de Oliveira (analista ambiental do ICMBio/CECAV), Darcy José dos Santos (analista ambiental do ICMBio/CECAV), José Yatagan Mendes de Freitas (técnico ambiental do ICMBio/CECAV/Base Avançada de Natal/RN), Genivaldo Constantino da Silva (guia do PNC), Clébio (guia da TIK) e Natanael (motorista do PNC) pela colaboração na coleta de dados em campo.

A Gisela Livino de Carvalho Chefe de Unidade de Conservação II, do Parque Nacional do Catimbau/PE, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelo suporte e autorização para execução dos trabalhos na área.

A Fundação Nacional do Índio (FUNAI) pela autorização conferida para realização de trabalhos na Terra Indígena Kapinawá. Ao Sr. Melgueira, líder da Aldeia Quiri D'algo, e a toda a sua família, pela gentileza, simpatia, hospitalidade e ajuda dada durante os trabalhos na *bat cave* Furna do Morcego. Aos guias de campo, Genivaldo Constantino da Silva (Parque Nacional do Catimbau), e Clébio Rocha (Terra Indígena Kapinawá), pelas ajudas cruciais nos trabalhos de campo e acessos as cavidades naturais subterrâneas.

Ao meu orientador, muito mais que um professor, um grande educador, orientador e pesquisador, Enrico Bernard.

A todo laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade e em especial a Aída Otálora-Ardila, Ana Cláudia Jardelino, Éder Barbier, Fernanda Ito, Fred Hintze, Jennifer Barros e Narjara Pimentel pelo suporte e

conhecimento compartilhado em todo o projeto e durante os trabalhos de campo e de laboratório.

Aos Professores do PPGBA pelos conhecimentos partilhados nas disciplinas cursadas, e em especial aos professores Dr. Ulisses Pinheiro, Dr. João Pedro Alves, Dr. Paulo Santos, Dra. Bruna Bezerra, Dr. Antônio, Dr. Simão Vasconcelos Filho, por terem contribuído com o melhoramento desta pesquisa durante as bancas examinadoras das disciplinas Seminários (A, B, C, D).

Aos Professores Dr. Pedro Nunes, Dr. Filipe Aléssio e Dra. Bruna Bezerra, pela avaliação na banca de qualificação e contribuição com o melhoramento desta pesquisa.

Ao Professor Dr. José Roberto Botelho pela disponibilização da sala de seu gabinete para realização dos experimentos com o protótipo da antena moldável de leitura de tags de morcegos.

Ao Prof. Dr. Lauro Novo do Laboratório de Microondas, Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), e ao seu orientando João Pedro rego Carvalho pelos testes de desenvolvimento de uma antena RFID para monitoramento de grandes congegações de morcegos em cavernas.

Ao Comitê de Ética e Uso Animal (CEUA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pela análise e aprovação da pesquisa.

Ao Manoel Guimarães, Secretário do PPGBA/UFPE, pela gentileza e disposição em sempre ajudar nos trâmites e processos relacionados ao curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Anglo American S/A e ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) pelos suportes financeiros da pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

A minha família, tias (Lindalva Maria da Silva e Ana Maria da Silva), irmãs (Edicleide Leal, Edneide Leal, Edilene Leal), pais, e, especialmente, a minha mãe pela sua incansável luta em dar uma educação aos seus filhos.

A minha namorada e companheira Elisa Cardozo pelo enorme incentivo e apoio dado, para que eu não desistisse de alcançar este sonho do doutoramento. A minha sogra, Patrícia Farias, e ao seu marido, Andreas Stingl, pelo apoio nos ensaios, empréstimos de computadores e conversas, na maioria

das vezes regadas a muito sushi e vinho, que me ajudaram muito ao longo dessa caminhada.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente na execução deste trabalho, com boas vibrações, sugestões e incentivos.

O meu MUITO OBRIGADO a todos!

RESUMO

Cavernas destacam-se como os abrigos naturais mais usados por morcegos. Há centenas de espécies destes animais ao redor do planeta que usam esses espaços subterrâneos para a proteção, reprodução e cuidado parental. Embora, reconhecida há muito tempo, esta associação entre morcegos e cavernas pode ser considerada ainda pouco estudada sob o ponto de vista científico. Esta tarefa torna-se ainda mais desafiadora em países como o Brasil, que tem dimensões continentais, e abriga centenas de milhares de cavernas e mais de 180 espécies de morcegos. Avançar no estudo da relação morcegos e cavernas no Brasil passa obrigatoriamente por preencher lacunas básicas de informações, desde quais espécies podem ser registradas nestes ambientes, até como estas espécies utilizam e se deslocam entre diferentes cavernas. Nesse estudo, foquei em preencher estas lacunas básicas de informação em um trecho da Caatinga brasileira, uma área com grande potencial espeleológico e com fortes indicadores de alta riqueza de espécie, mas que ainda assim permanecia praticamente não estudada para seus morcegos cavernícolas. Aqui foram analisados o potencial espeleológico do Parque Nacional do Catimbau, e entorno, situado no estado do Pernambuco, nordeste do Brasil, bem como a quiropterofauna associada às cavernas da área, e investigada a mobilidade de morcegos entre duas cavernas com grandes populações. Dezesete campanhas de captura-marcação-recaptura de morcegos foram realizadas entre março de 2018 e janeiro de 2020 em duas cavernas. Um mapa virtual com informações georreferenciadas e metadados de 252 cavidades registradas é apresentado. Destas, 53 cavernas possuem registros de 16 táxons, 13 gêneros e cinco famílias de morcegos. Populações de quatro espécies ameaçadas de morcegos foram encontradas. Foram detectados movimentos entre as duas cavernas, distantes 15 km entre si, projetando um amplo uso da paisagem pelos morcegos. O estudo aponta que as populações destas cavernas utilizam múltiplos abrigos. Estas constatações devem ser consideradas nas discussões sobre a conservação de morcegos cavernícolas no Brasil, bem como nas discussões sobre as normativas que regem o licenciamento ambiental de áreas cársticas no país. Os dados apresentados

devem ser usados na elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional do Catimbau.

Palavras-chave: áreas protegidas; captura-marcação-recaptura; cavernas areníticas; mobilidade de morcegos.

ABSTRACT

Caves are among the natural shelters more used by bats. There are hundreds of species of these animals around the planet that use these subterranean spaces for protection, reproduction and parental care. Although recognized for a long time, this association between bats and caves can be considered as little studied yet from the scientific point of view. This task becomes even more challenging in countries like Brazil, which has continental dimensions, and roosted hundreds of thousands of caves and more than 180 species of bats. Advancing in the study of the relationship between bats and caves in Brazil necessarily involves filling in basic information gaps, from which species can be recorded in these environments, to how these species use and move between different caves. In this study, I focused on filling in these basic information gaps in a section of the Brazilian Caatinga, an area with great speleological potential and with strong indicators of high species richness, but that still remained practically not studied for its cave dwelling-bats. Here, we analysed the speleological potential of the Catimbau National Park and its surroundings, located in the state of Pernambuco, northeastern Brazil, as well as the bat fauna associated with the caves in the area, and investigated the mobility of bats between two caves with large populations. Seventeen campaigns of capture-marking-recapture of bats were carried between March 2018 and January 2020 in two caves. A virtual map with georeferenced information and metadata from 252 registered is presented. Of these, 53 caves have records of 16 taxa, 13 genera and five bat families. Populations of four endangered bat species were founded. Movements were detected between the two caves, 15 km apart, projecting widespread use of the landscape by bats. The study points that the populations of these caves use multiple shelters. These findings should be considered in the discussions about the conservation of cave-dwelling bats in Brazil, as well as in discussions about the regulations that govern the environmental licensing of karst areas in the country. The data presented must be used in the preparation of the Management Plan for the Catimbau National Park.

Keywords: protected areas; capture-marking-recapture; sandstone caves; bat mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	A e B: Caminhamentos de Prospecção Espeleológica no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, pelo Cecav/ICMBlo/Base Avançada de Natal/Rio Grande do Norte, no período de 25/11 a 07/12/2019; C: Furna do Letreiro Prateado, Tupanatinga, dentro do PNC; e D: Caverna do Uilson, Ibimirim, dentro do PNC	41
Figura 2 –	A e B: Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com o grau de potencialidade de ocorrência (Jansen et al., 2012)	47
Figura 3 –	A e B: Distribuição de cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com o grau de vulnerabilidade natural (Jansen et al., 2014)	48
Figura 4 –	Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com a divisão em unidades estratigráficas da região (Accioly & Moraes, 2013; Neumann & Miranda, 2016; Santos & Accioly, 2010; Lima <i>et al.</i> , 2018)	54
Figura 5 –	A e B: Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com as cotas de altitude.	55
Figura 6 –	Localização do Parque Nacional do Catimbau e respectiva Zona de Amortecimento, no estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil.	111
Figura 7 –	Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Nordeste do Brasil. 1A: Caatinga na Estação Chuvosa, 1B: Caatinga na Estação Seca, 1C: Afloramento Rochoso Arenítico com Cavidades, 2D: Paredão Rochoso Arenítico.	112

Figura 8 – A - Furna do Gato, Buíque, B - Caverna Meu Rei (*Bat cave*), 113
Tupanatinga, C - Furna do Morcego (*Bat cave*), D - Furna
de Mané Bento (em detalhe depósito de fezes de
Desmodus rotundus), Buíque, E - Caverna Três Juazeiros,
Ibimirim, F e G - Caverna Vermelha, Buíque, H - Caverna
do Uilson, Ibimirim, I - colônia de *Anoura geofroyi* na
Caverna do Uilson, J - Caverna Boca de Peixe, Ibimirim e K
- Caverna da Juriti, Ibimirim.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Distribuição de cavidades naturais subterrâneas nas áreas dos municípios abrangidos pelo Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, de acordo com os graus de potencialidade de ocorrência e vulnerabilidade natural (Jansen <i>et al.</i> , 2012; 2014). (*) Doze cavidades foram excluídas por não apresentarem coordenadas geográficas nas bases de dados e fontes consultadas. Grau de Ocorrência: A –Alta, M – Média, B – Baixa, OI – Ocorrência Improvável; Classe de Vulnerabilidade Natural: MA – Muito Alta, A – Alta, M – Média, B – Baixa, MB – Muito Baixa	46
Tabela 2 –	Cavidades naturais subterrâneas topografadas pela Sociedade Nordestina de Zoologia (2002) e pelo CECAV/ICMBio/Base Avançada de Natal/Rio Grande do Norte, em 2014 e 2019 (Presente estudo)	51
Tabela 3 –	Lista das 53 cavidades naturais subterrâneas com registros de morcegos no Parque Nacional do Catimbau e sua zona de amortecimento, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Bat cave, (1) Caverna situada dentro dos limites do PARNA do Catimbau, (2) Caverna situada na Zona de Amortecimento. Acrônimos dos 16 táxons de morcegos registrados são: <i>Peropteryx</i> spp. (Psp.), <i>Desmodus rotundus</i> (Dr), <i>Diphylla ecaudata</i> (De), <i>Carollia perspicillata</i> (Cp), <i>Anoura geoffroyi</i> (Ag), <i>Glossophaga soricina</i> (Gs), <i>Lonchophylla inexpectata</i> (Li), <i>Lonchophylla</i> sp. (Lm), <i>Xeronycteris vieirai</i> (Xv), <i>Lonchorhina aurita</i> (La), <i>Tonatia bidens</i> (Tb), <i>Artibeus planirostris</i> (Ap), <i>Pteronotus gymnonotus</i> (Pg), <i>Pteronotus personatus</i> (Pp), <i>Natalus macrourus</i> (Nm), e <i>Furipterus horrens</i> (Fh). Riqueza: Baixa (0-3 espécies), Média (4-6), Alta (7-9 espécies) e Elevada (acima de 9), conforme Guimarães & Ferreira (2014). Variáveis internas das cavidades (em metro) são: desenvolvimento linear da caverna	102

(DL), largura da entrada da caverna (LG) e altura da entrada da caverna (AL).

Tabela 4 – Lista de espécies de morcegos cavernícolas registradas em 109
cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do
Catimbau e sua Zona de Amortecimento, no estado de
Pernambuco, Nordeste do Brasil, com número de cavidades
onde foram registradas e seus respectivos status de
conservação segundo a Lista das Espécies da Fauna
Brasileira Ameaçadas de Extinção (Brasil 2018) e pela *Red
List* da IUCN (www.redlist.org). Não ameaçado (LC); Em Risco
Próximo (NT); Deficiente de dados (DD); Vulnerável (VU). As
espécies foram classificadas como essencialmente
cavernícola (EC) ou cavernícola ocasional (CO), segundo
Guimarães & Ferreira (2014). Hábito alimentar: INS AER -
Insetívoro que caça insetos durante o voo; INS C – Insetívoro
“catador”, que caça insetos pousados, FRU – frugívoro, HEM
– hematófago e NEC – nectarívoro (conforme Tavares *et al.*
2012).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	APRESENTAÇÃO	31
3	INVENTÁRIO ESPELEOLÓGICO DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU E ENTORNO, NO CARSTE ARENÍTICO DE PERNAMBUCO, BRASIL	33
4	MORCEGOS CAVERNÍCOLAS DO CARSTE ARENÍTICO DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, NORDESTE DO BRASIL	72
5	MOBILITY OF BATS BETWEEN CAVES: ECOLOGICAL ASPECTS AND IMPLICATIONS FOR CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL LICENSING ACTIVITIES IN BRAZIL	131
	APÊNDICE A – MANUSCRITO 3	133

1 INTRODUÇÃO

Nas cavernas, onde os nutrientes são escassos, os morcegos, seus principais habitantes, atuam como principais agentes na importação de matéria orgânica na forma de guano (fezes), restos alimentares e de seus próprios cadáveres (TRAJANO; BICHUETTE, 2006). Nos ambientes cavernícolas, a riqueza e variedade de invertebrados estão diretamente relacionadas à presença e aos hábitos alimentares dos morcegos (ARMAS, 1999; FERREIRA, 2019). Entretanto, nem toda caverna apresenta condições adequadas ou preferidas pelos morcegos e requerimentos ecológicos e fisiológicos espécie-específicos, fatores relacionados ao local de abrigo (estabilidade ambiental, tamanho, condições microclimáticas, complexidade estrutural) e a paisagem circundante podem influenciar na seleção de cavernas pelos morcegos (BARROS *et al.*, 2020a).

Entre as cavernas, aquelas de litologia arenítica, por exemplo, podem abrigar altas densidades de morcegos quando existem vantagens termorregulatórias e agregatórias (TORQUETTI; SILVA; TALOMANI *et al.*, 2017; PAVAN, 2019). Além de uma seleção por cavernas com condições preferidas, na busca por novas ou melhores condições de abrigo e para fins reprodutivos os morcegos podem realizar movimentações entre diferentes cavernas, influenciando na composição, riqueza, estrutura e diversidade em sistemas cavernícolas que forma uma unidade de habitat (CAMPANHÃ; FOWLER, 1993; TRAJANO, 2013; VARGAS-MENA *et al.*, 2020b). Exemplos da influência dos morcegos nas relações ecológicas em ambientes cavernícolas incluem vários outros organismos, como fungos (CUNHA *et al.*, 2020) e ectoparasitas (MUÑOZ-LEAL *et al.*, 2018).

No Brasil, estudos recentes apontam um conhecimento incompleto sobre cavernas e morcegos cavernícolas (GUIMARÃES; FERREIRA, 2014; OLIVEIRA; OPREA; DIAS *et al.*, 2018). Em 2020, de acordo com o Anuário Estatístico Espeleológico publicado pelo CECAV/ICMBio, o país ultrapassou o patamar de 21.500 cavidades inventariadas e registradas em sua base de dados nacional (BRASIL, 2021a). A distribuição desse rico e ainda pouco conhecido patrimônio espeleológico é bastante heterogênea entre as diferentes litologias, biomas, macrorregiões e unidades da federação (BRASIL, 2021a).

Entretanto, o total conhecido é apenas uma pequena parcela das cerca de 310.000 cavidades estimadas para o Brasil (AULER; PILÓ, 2011). Somam-se a esses dados, o fato de poucas cavernas (~270) terem sido pesquisadas para morcegos no país, havendo uma correlação positiva entre riqueza e número de estudos conduzidos em cada estado brasileiro (GUIMARÃES; FERREIRA, 2014; OLIVEIRA; OPREA; DIAS *et al.*, 2018) demonstra-se o quanto pouco conhecemos sobre as cavernas e a fauna de morcegos cavernícolas no país. Atualmente, 73 das 181 espécies de morcegos conhecidas no Brasil já foram detectadas usando cavernas no país (GUIMARÃES; FERREIRA, 2014; OLIVEIRA; OPREA; DIAS *et al.*, 2018; TORRES; BICHUETTE, 2019), o que ressalta a importância destes ambientes para os morcegos, mas também o potencial de novos registros destas interações. Desta forma é prioritário entender as relações envolvidas entre os morcegos e ao ambiente cavernícola para propor medidas conservacionistas.

Nesse cenário, formações rochosas areníticas, permanecem pouco exploradas cientificamente no Brasil (SANTOS *et al.*, 2016), principalmente na região semiárida nordestina, dominada pelo bioma Caatinga, onde há significativas áreas com potencial médio a elevado de ocorrência de cavernas (JANSEN; CAVALCANTI; LAMBLÉM *et al.*, 2012). Com 912.529 km² atuais de extensão territorial, apenas 3.640 cavernas já foram documentadas nos domínios da Caatinga, equivalente a cerca de 18% do patrimônio espeleológico nacional (BRASIL, 2021a). Nestes registros destaca-se o Parque Nacional da Fumaça, no Rio Grande do Norte, uma das raras Unidades de Conservação (UCs) federais, criadas especialmente com o objetivo de proteger cavernas (CAVALCANTI *et al.*, 2012), e que concentra mais de 2/3 das cavernas registradas na Caatinga. Entretanto, enormes áreas da Caatinga permanecem subamostradas para suas cavernas e biota associadas.

Estudos recentes indicam que o relevo carstico de algumas UCs do semiárido abriga um elevado número de cavernas com populações excepcionais de morcegos, nas denominadas *bat caves* (NOVAES, 2012; FEIJÓ; ROCHA, 2017; OTÁLORA-ARDILA *et al.*, 2019; VARGAS-MENA; SCHMIDT; RODRÍGUEZ HERRERA *et al.*, 2020a; BERNARD *et al.*, 2020). Estes são abrigos de extrema relevância ecológica e conservacionista, que ressaltam o quão pouco conhecemos sobre os morcegos e as cavernas da

Caatinga. De fato, algumas áreas carsticas com elevado potencial espeleológico localizadas no interior e proximidades de outras UCs federais desse bioma carecem ou não apresentam informações sobre cavernas e morcegos associados a esses componentes do habitat subterrâneo (SNE, 2002; NOVAES; LAURINDO; SOUZA *et al.*, 2015).

Atualmente há 26 UCs sob jurisdição federal na Caatinga, que juntas somam 49.071,75 km² de áreas protegidas, sendo 12 de Proteção Integral e 14 de Uso Sustentável (SILVA *et al.*, 2017; BOFF, 2018). Em comum estas áreas experimentam problemas crônicos de gestão e orçamento (OLIVEIRA; BERNARD 2017; FONSECA *et al.*, 2017) e para 12 dessas UCs não há sequer um Plano de Manejo (BRASIL, 2021b). Esse conjunto de áreas protegidas na Caatinga representa apenas 8,8% de área territorial desse bioma, sendo menos de 2,0% deste total de área de proteção integral da biodiversidade, a categoria de proteção menos flexível (BOFF, 2018).

Entre as UCs federais da Caatinga, o Parque Nacional do Catimbau (PARNA do Catimbau) representa uma área protegida que urge por informações sobre cavernas e morcegos cavernícolas, pois se destaca como um polo de cavernas areníticas no semiárido brasileiro, com um elevado potencial espeleológico e turístico (SNE, 2002; FUNDAJ, 2015). Pouco conhecido e explorado cientificamente, o PARNA Catimbau é palco, desde 2002, quando foi implementado, de marcados conflitos socioambientais e por um turismo desordenado (SILVA; MAIA, 2008; MACHADO *et al.*, 2017), que de alguma forma impacta a biota local e seus abrigos, problema potencializado pela falta de um Plano de Manejo para esta UC (BRASIL, 2021b).

Recentemente, um monitoramento de longo prazo realizado na *bat cave* Meu Rei, localizada no PARNA Catimbau, apontou grande variação temporal na abundância de morcegos dessa caverna (OTÁLORA-ARDILA *et al.*, 2019). O intervalo curto entre as flutuações observadas, e a inexistência de eventos de mortandade em massa, apontaram para a possibilidade de movimentação maciça de indivíduos entre diferentes abrigos na região (OTÁLORA-ARDILA *et al.*, 2019). Esta hipótese foi reforçada pela localização de outra *bat cave* com grandes congregações de morcegos dentro do PARNA (LEAL; RAMALHO, 2021).

Fatores intrínsecos aos morcegos, como tamanho corpóreo, composição da dieta, capacidade de termorregulação, bem como extrínsecos, ligados ao clima, fidelidade, segregação sexual de abrigo, uso de abrigos múltiplos, ciclos reprodutivos, migração, variação na temperatura ambiental e/ou variação na disponibilidade de alimentos podem influenciar na mobilidade desses animais entre diferentes áreas (TRAJANO, 1996; DELFÍN; OCHOA; CASTILLO CARMONA *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2017). No entanto, a mobilidade de morcegos entre cavernas tem sido pouco estudada em áreas carsticas no Brasil (CAMPANHÃ; FOWLER, 1993; TRAJANO, 1996; BREDT; UIEDA; MAGALHÃES *et al.*, 1999; VARGAS-MENA *et al.*, 2020b).

Neste contexto, identificar novos locais de abrigo/reprodução e estudar de forma mais detalhada abrigos já localizados com alta densidade de morcegos é prioritário não apenas para a conservação de morcegos, mas também para a conservação do patrimônio espeleológico no Brasil (BARROS *et al.*, 2020b) e do bioma onde está inserido. Nesse país, desde o relaxamento de leis que protegem o Patrimônio Espeleológico Nacional (BRASIL, 2008; MMA, 2017), os morcegos têm se mostrado importantes não só para determinação da área de influência desses espaços subterrâneos, mas também na classificação das cavernas quanto ao seu grau de relevância (GUIMARÃES; FERREIRA, 2019). Ambas as determinações são, atualmente, balizantes para as agências e órgãos ambientais do país na tomada de decisões em relação aos processos de Licenciamento Ambiental (GUIMARÃES; FERREIRA, 2019).

Estudos mais aprofundados sobre uso de abrigos múltiplos e contatos reprodutivos por morcegos de bat caves separadas por quilômetros de distância podem ter significativas implicações legais para a conservação de espécies de morcegos associadas aos ambientes cavernícolas. Se comprovada essa conectividade numa escala de paisagem, será necessária uma ampla discussão e revisão junto a órgãos ambientais e empresas que atuam, por exemplo, no setor minerário, do conceito de “área de influência direta de uma cavidade” (BRASIL, 2008; MMA, 2017), atualmente, definida como um *buffer* de 250 m ao redor da caverna, e insatisfatória para morcegos cavernícolas (PILÓ *et al.*, 2018) mudando assim o planejamento atual das ações mitigadoras de impactos aos empreendimentos voltados aos ambientes

cavernícolas, que na atualidade mostram-se não eficazes para a conservação dos morcegos cavernícolas.

Para o contexto de UCs como o PARNA do Catimbau, a realização de investigações que visem avaliar a possibilidade de conectividade entre grandes congregações de morcegos, assim como levantar mais cavernas, especialmente *bat caves*, são importantes, pois, poderão resultar em maior regramento às atividades de turismo e visitação desordenadas vigentes no parque (SILVA; MAIA, 2008), reduzindo impactos negativos nos morcegos e, conseqüentemente, nos ambientes cavernícolas e até no seu entorno. Na presença de uma rede de abrigos esses riscos podem ser maximizados, sobretudo quando envolvem espécies ameaçadas de extinção.

Portanto, considerando o elevado potencial de ocorrência de cavernas e a existência já constatada de grandes congregações de morcegos no PARNA e de populações de morcegos ameaçados de extinção, o estudo destes ambientes cavernícolas se torna necessário, pois são ambientes ecologicamente especiais, vulneráveis e extremamente importantes para conservação dos morcegos. A partir de dados de uso do habitat e mobilidade de grandes congregações de morcegos será possível a implementação de medidas conservacionistas mais eficazes, tanto para as espécies quanto para os abrigos. Neste sentido, a presente tese foi executada com os seguintes objetivos: 1. Levantar o potencial espeleológico de uma área cárstica arenítica e protegida de Caatinga (PARNA do Catimbau/PE), pouco conhecida e explorada cientificamente para cavernas, 2. Avaliar a composição e riqueza de morcegos cavernícolas e seus respectivos abrigos, e 3. Investigar a mobilidade de grandes congregações de morcegos entre duas *bat caves* identificadas na região.

REFERÊNCIAS

ARMAS, L, F. 1999. Algunos aspectos bioespeleológicos de las cuevas de calor de Cuba. Troglobio - **Boletín del Grupo BioKarst de la Sociedad Espeleológica de Cuba**, 2: 4-5.

AULER, A.; PILÓ, L. B. Introdução à Espeleologia. *In: CEVAV/TERRA BRASILIS. III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis, 2011. p. 07-23.

BARROS, J.S.; BERNARD, E.; FERREIRA, R. L. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. **Basic and Applied Ecology**, v. 45, p.1-11, 2020a.

BARROS, J.S.; MILAGRES E GOMES, A.; GUIMARÃES, M.M.; DIAS-SILVA, L.; ROCHA, P.A.; TAVARES, V.C.; BERNARD, E. Análise de relevância de cavernas: uma revisão da IN 02/2017 sob a perspectiva dos morcegos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, v. 89, p.126-134, 2020b.

BERNARD, E.; FERREIRA, R.L.; CRUZ, F.W.; PILÓ, L.; CALUX, A. 2021. **No Ano Internacional das Cavernas e do Carste, as cavernas do Brasil estão em alto risco**. Mongabay – Notícias Ambientais para Informar e Transformar. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2021/06/no-ano-internacional-das-cavernas-e-do-carste-as-cavernas-do-brasil-estao-em-alto-risco-artigo/>. Acesso em: 01 jul. 2021.

BERNARD, E., PIMENTEL, N.T., OTÁLORA ARDILA, A., HINTZE, F.S.O., LUCENA, C.; ALVES, V. **Relatório Final: Projeto Bat Caves do Semiárido do Brasil**. Recife: CEPAN/UFPE, 2020. 212p.

BOFF, M. Caatinga tem novas unidades de conservação. **Ciência e Cultura**, v. 70, N. 4, p.57, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional**. Brasília, DF: MMA, [2008]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm. Acesso em: 16 jul. 2021

BRASIL. **Instrução Normativa/MMA nº 2, de 20/08/2009. Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (regulamenta o art. 5º do Decreto nº 6.640/2008).** Brasília, DF: MMA, [2009]. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_criterios_210809.pdf. Acesso em: 16 jul. 2021

BRASIL. **Anuário Estatístico do patrimônio Espeleológico Brasileiro 2020.** Brasília, DF: MMA, [2021a]. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1zCOe0LYJ0YCXu6uRqO3d0s3ibomg0Snr/view>. Acesso em: 31 maio 2021.

BRASIL. 2021b. **Relação de UCs com Plano de Manejo.** Brasília, DF: MMA, [2021b] Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo/ucs-com-plano-de-manejo>. Acesso em: 31.05.2021.

BREDT, A., UIEDA, W.; MAGALHÃES, E. D. Morcegos cavernícolas do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n.3, p.731–770, 1999.

CALDERÓN-CAPOTE, M. C.; DECHMANN, D.K.N.; FAHR, J.; VIKELSKI, M.; KAYS, R.; O'MARA, M.T. Foraging movements are density-independent among straw-coloured fruit bats. **Royal Society Open Science**, v. 7, n.5, 200274, 2020.

CAMPANHA, R. A. C.; FOWLER, H. G. Roosting assemblages of bats in arenitic caves in remnant fragments of Atlantic forest in Southeastern Brazil. **Biotropica**, v. 25, n.3, p. 362–365, 1993.

CARVALHO, F.; BÔLLA, D.A.S.; MIRANDA, J. M. D.; ZOCHE, J. J. Deslocamentos de morcegos frugívoros (Chiroptera, Phyllostomidae) em

diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica, no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n.2, p.78-82, 2017.

CAVALCANTI, L. F.; LIMA, M. F.; MEDEIROS, R. C. S.; MEGUERDITCHIAN, I. **Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco**. Brasília: ICMBio, 2012.140 p.

CUNHA, A. O. B.; BEZERRA, J. D. P.; OLIVEIRA, T. G. L.; BARBIER, E.; BERNARD, E.; MACHADO, A. R.; SOUZA-MOTTA, C. M. Living in the dark: Bat caves as hotspots of fungal diversity. **Plos One**, v.15, n.12, p. e0243494, 2020.

DELFIN, P.; OCHOA, J.; CASTILLO CARMONA, A. O. Santuario de fauna silvestre cuevas de Paraguaná, Venezuela: lineamientos técnicos para su diseño. **Terra Nueva Etapa**, v. 27, n.41, p.13-45, 2011.

FEIJÓ, A.; ROCHA, P. A. Morcegos da Estação Ecológica Aiuaba, Ceará, nordeste do Brasil: uma unidade de proteção integral na caatinga. **Mastozoología Neotropical**, v.24, n.2, p.333-346, 2017.

FERREIRA, R. L. Guano communities. *In*: WHITE, W. B.; CULVER, D. C.; PIPAN, T. **Encyclopedia of caves**. 3ª ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge Academic Press, 2019. p. 474-484.

FONSECA C.R.; ANTONGIOVANNI, M.; MATSUMOTO, M.; BERNARD, E.; VENTICINQUE, E.M. Conservation Opportunities in the Caatinga. *In*: SILVA J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. **Caatinga - The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer. 2017. p. 429-443.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO - FUNDAJ. **Relatório parcial da pesquisa - mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma Caatinga: Parque Nacional do Catimbau**. Recife: FUNDAJ/UFCG, 2015. 53p.

GUIMARÃES, M. M.; FERREIRA, R.L. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para conservação. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 2, n.4, p. 1–33, 2014.

JANSEN, D.C.; CAVALCANTI, L.F.; LAMBLÉM, H.S. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 2, n.1, p.42-57, 2012.

LEAL, E. S. B.; RAMALHO, D. F. First record of albinism in a mustached bat (Chiroptera, Mormoopidae) from South America. **Notas sobre Mamíferos Sudamericanos** 3, e21.3.1, 2021.

MACHADO, C.C.C.; GONÇALVES, C.U.; ALBUQUERQUE, M.B.; PEREIRA, E.C. Protected areas and their multiple territorialities – a social and environmental reflection on Catimbau National Park – Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 1, p.239-260, 2017.

MENEGASSI, D. **Sem transparência, Ministério de Minas e Energia propõe reduzir proteção de cavernas**. O Eco: 2020. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/reportagens/sem-transparencia-ministerio-de-minas-e-energia-propoe-reduzir-protecao-de-cavernas/>. Acesso em: 21 jun. 2020.

MUÑOZ-LEAL, S.; BARBIER, E.; SOARES, F. A. M.; BERNARD, E.; LABRUNA, M. B.; DANTAS-TORRES, F. New records of ticks infesting bats in Brazil, with observations on the first nymphal stage of *Ornithodoros hasei*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 76, n. 4, 537-549, 2018.

NOVAES, R.L.M. Morcegos e cavernas: uma história escondida de evolução, conservação e preconceito. **Ciência Hoje**, v. 294, n.49, p.40-44, 2012.

NOVAES, R.L.M.; LAURINDO, R.S.; SOUZA, R.F. Structure and natural history of an assemblage of bats from a xerophytic area in the Caatinga of northeastern

Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.50, n.1, p.40-51, 2015.

OLIVEIRA, A.P.C.; BERNARD, E. The Financial needs vs. the realities of *in situ* conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga. **Biotropica**, v. 49, n.5, p.745-752, 2017.

OLIVEIRA, H.; OPREA, M.; DIAS, R. Distributional patterns and ecological determinants of bat occurrence inside caves: a broad scale meta-analysis. **Diversity**, v. 10, n.3, p. 49, 2018.

OTÁLORA-ARDILA, A.; TORRES, J.M.; BARBIER, E. S.; PIMENTEL, N. T.; LEAL, S.B.L.; BERNARD, E. Species richness and abundance variation in a bat cave in Brazil's Caatinga drylands. **Acta Chiropterológica**, v. 21, n.2, p.411-423, 2019.

PAVAN, A. C. Family Mormoopidae (ghost-faced bats, naked-backed bats and mustached bats). *In*: WILSON, D. E.; MITTERMEIER, R. A. **Handbook of the Mammals of the World**, Barcelona, ES: Lynx Edicions, 2019. p. 424-443.

PILÓ, L.B.; RIBEIRO, A. A.; REINO, J.C.R.; CRUZ, J. B.; MENDONÇA, D.R.M. Espeleologia na Flona Carajás – Cenários para Conservação e Mineração. *In*: MARTINS, F.D.; KAMINO, L.H.Y. **Projeto Cenários Conservação de Campos Ferruginosos diante da Mineração em Carajás**. Tubarão, Santa Catarina: Copiart, 2018. p. 207-258.

SANTOS, D.R.; GOMES, M.; FONSECA, S.N.; COSTA, F.N.; TIMBÓ, M.A.E. Inventário preliminar do Patrimônio Espeleológico do Parque Nacional das Sempre Vivas. **Caderno de Geografia**, v.26, n.46, p.486-506, 2016.

SILVA, M.J.; NEVES, C.P.; RAMOS, T.P.A.; PINTO, M.P.; LIMA, S.M.Q. Efetividade das Unidades de Conservação para ictiofauna das bacias hidrográficas envolvidas na transposição do Rio São Francisco. *In*: MONTOVANI, W.; MONTEIRO, R.F.; ANJOS, L.; CARIELLO, M.O. **Pesquisas**

em Unidades de Conservação no domínio da Caatinga – Subsídios à gestão. Fortaleza: Edições UFC, 2017. p.181-205.

SILVA, U. B. T.; DELGADO-JARAMILLO, M.; AGUIAR, L.M.S.; BERNARD, E. Species richness, geographic distribution, pressures, and threats to bats in the Caatinga drylands of Brazil. **Biological Conservation**, v. 221, p.312-322, 2018.

SILVA, J. H.; MAIA, F.B.A. O turismo no Parque Nacional do Catimbau: avaliação dos benefícios da atividade percebidos pelos moradores. **Revista Turismo Visão e Ação – Eletrônica**, v. 10, n.2, p.204 – 220, 2008.

SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA - SNE. **Projeto Técnico para a Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE – versão final, em cumprimento ao Contrato n ° 086-00/02, Subprojeto “Proposta para Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE”**, 2002. 151p.

TORQUETTI, C.G.; SILVA, M.X.; TALAMONI, S.A. Differences between caves with and without bats in a Brazilian karst habitat. **Zoologia**, v.34, p.1-7, 2017.

TORRES, D.F.; BICHUETTE, M.E. Morcegos cavernícolas depositados na coleção científica do laboratório de estudos subterrâneos, UFSCAR. **Espeleo-Tema**, v. 29, n.1, p.105-119, 2019.

TRAJANO, E. Movements of cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). **Biotropica**, v.28, n.1, p.121, 1996.

TRAJANO, E. Variações anuais e infra-anuais em ecossistemas subterrâneos: implicações para estudos ambientais e conservação de cavernas. **Revista da Biologia**, v. 10, n.2, p.1-7, 2013.

VARGAS-MENA, J. C.; SCHMIDT, E. C.; RODRIGUEZ HERRERA, B. Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state. **Mastozoologia Neotropical**, v.25, n.1, 199-212, 2020a.

VARGAS-MENA, J. C.; CORDERO-SCHMIDT, E.; RODRIGUES-HERRERA, B.; MEDELLÍN, R. A.; BENTO, D. M.; VENTICINQUE, E. M. Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. **Journal of Mammalogy**, v.101, n.1, p.464-475, 2020b.

2 APRESENTAÇÃO

A presente tese está organizada em três manuscritos. No primeiro manuscrito, *“Inventário Espeleológico do Parque Nacional do Catimbau e Entorno, no Carste Arenítico de Pernambuco, Brasil”*, é apresentado o inventário espeleológico realizado no PNC e Área de Entorno, que resultou na identificação de mais de 250 cavidades naturais na área amostrada, explicitando o enorme potencial que o PNC tem para a pesquisa e conservação dos ambientes cavernícolas no Brasil. Neste manuscrito também é apresentado um mapa virtual online georreferenciado, com dados e metadados, para ampla consulta pública, e que fornece subsídios para a gestão do parque. Esse manuscrito abre a tese, pois é este rico ambiente cavernícola que oferece abrigo e refúgio para dezenas de espécies de morcegos nesta porção da Caatinga, assunto abordado no manuscrito seguinte. Este manuscrito será objeto de publicação na forma de produto-equivalente, como um e-book, produzido pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), do Insituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio/MMA).

O segundo manuscrito, *“Morcegos Cavernícolas do Carste Arenítico do Parque Nacional do Catimbau, Nordeste do Brasil”*, aborda a composição, riqueza e abundância da fauna de morcegos cavernícolas do PNC e Área de Entorno, e as pressões sobre seus abrigos na região. Foram colhidos dados em 53 cavernas que resultaram nos registros de 16 táxons e 13 gêneros de morcegos de cinco famílias, incluindo a identificação de populações de quatro espécies ameaçadas de morcegos no país, e de duas bat caves que abrigam populações excepcionais de morcegos. Nesta análise, fica evidente que tanto o potencial espeleológico quanto a riqueza de espécies locais não foram completamente desvendados, indicando que novas colônias e espécies ainda podem ser registradas na área estudada. Além da contribuição científica dos registros, os dados deste manuscrito serão úteis para um futuro Plano de Manejo para o Parque Nacional do Catimbau, e devem contribuir para algum ordenamento no espeleoturismo na área. Este manuscrito está estruturado seguindo as normas do periódico *Mastozologia Neotropical* (ISSN 0327-9383).

No terceiro e último manuscrito, "*Mobility of bats between caves: Ecological aspects and implications for conservation and environmental licensing activities in Brazil*", objetivou-se investigar a mobilidade e a fidelidade ao abrigo de morcegos entre duas *bat caves* encontradas no Parque Nacional do Catimbau. Esta pesquisa justifica-se pela constatação de flutuações populacionais observadas em uma dessas cavernas, que pareciam indicar o uso de mais de uma caverna como abrigo. Esta constatação apontava para a necessidade de analisar se isto de fato estava ocorrendo. Para tanto, baseado em um extenso processo de captura/marcação/recaptura, foi de fato constatada a mobilidade de indivíduos entre as duas cavernas, situadas 15 km distantes entre si. Esta mobilidade parece ser explicada por fatores reprodutivos, incluindo uma possível segregação sexual entre as cavernas. Estes dados de deslocamento também apontaram que os morcegos destas cavernas podem potencialmente forragear por uma área de cerca de 170.000 hectares, em um uso muito mais amplo da paisagem do que o esperado. Assim, os resultados apresentados neste manuscrito têm implicações para a conservação dos morcegos e das cavernas, e contribuem ainda com evidências para a discussão de conceitos-chave que norteiam o licenciamento ambiental de importantes setores no Brasil, como a mineração. Este manuscrito está formatado de acordo com as normas estabelecidas pelo periódico *Studies on Neotropical Fauna and Environment* (ISSN: 1550521).

3 INVENTÁRIO ESPELEOLÓGICO DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU E ENTORNO, NO CARSTE ARENÍTICO DE PERNAMBUCO, BRASIL

Inventário Espeleológico do Parque Nacional do Catimbau e Entorno, no Carste Arenítico de Pernambuco, Brasil

Edson Silva Barbosa Leal ^{1,2} & Enrico Bernard ²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Brasil. <edson.leal76@gmail.com>

² Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, Brasil. <enicob2@gmail.com>

Speleological Inventory of the Catimbau National Park and Surroundings, in the Sandstone Karst from Pernambuco, Brazil

Abstract - The drylands of the Northeast is among the regions with highest potential for cave occurrence in Brazil but, even so, it still remains under sampled for natural cavities. Based on both literature survey and field expeditions, we present here an inventory of natural cavities in the sandstone karst of the Catimbau National Park and surroundings, in Pernambuco, northeastern Brazil. Concentrated in the Tacaratu geological formation, between 500 to 850 m of altitude, 252 cavities were recorded, ranging from small to large horizontal development. Almost all of the identified cavities are dry and with no speleothems, but subject to several anthropogenic threats. Still clearly under sampled, the studied region has enormous potential for new cave occurrence. An online map with georeferenced cavities and metadata is presented here, in order to support future studies, as well as the elaboration of a still inexistant Management Plan for this protected area.

Keywords: Caatinga; Catimbau National Park; sandstone caves; northeastern Brazil; virtual map.

Resumo - O semiárido do Nordeste está entre as regiões naturais com alto potencial espeleológico no Brasil, mas ainda assim permanece subamostrado para suas cavidades naturais. Apresentamos aqui um inventário de cavidades naturais do

carste arenítico do Parque Nacional do Catimbau e entorno, na Caatinga de Pernambuco, no nordeste do Brasil, baseado tanto em levantamento de registros em bases de dados, quanto em expedições em campo. Concentradas na formação geológica Tacaratu, entre 500 a 850 metros de altitude, foram registradas 252 cavidades de pequeno a grande desenvolvimento horizontal em uma área de 353 km inventariada. A quase totalidade das cavidades identificadas é seca e destituída de espeleotemas, mas sujeitas a diversas ameaças antropogênicas. Ainda claramente subamostrada, a região estudada apresenta enorme potencial de ocorrência de novas cavidades. Um mapa virtual com as cavidades georreferenciadas e com metadados é aqui apresentado, de forma a subsidiar estudos futuro, bem como a elaboração de um Plano de Manejo, ainda inexistente para essa área protegida.

Palavras-chave: Caatinga; cavernas de arenito; mapa virtual; nordeste do Brasil; Parque Nacional do Catimbau.

Introdução

Em 2020 o Brasil ultrapassou a marca de 21.500 cavidades naturais subterrâneas oficialmente registradas em todo o território nacional (Brasil, 2019; 2020a). Apesar de expressivo, este número representa apenas 6,5% das cerca de 310.000 cavidades estimadas para o país (Auler & Piló, 2011). A distribuição desse rico e ainda pouco conhecido patrimônio espeleológico é bastante heterogênea entre as diferentes litologias, biomas, macrorregiões e unidades da federação (Brasil, 2020a). Minas Gerais, Pará, Bahia e Goiás são os estados que concentram a maior parte dos registros. Entretanto, muitos dos registros nestes estados – e em particular nos dois primeiros – são decorrentes da necessidade de estudos espeleológicos associados às atividades de exploração mineral, havendo assim um esforço diferente na busca por ambientes cavernícolas por estado. Desse total, aproximadamente 35% das cavernas registradas no Brasil estão em áreas protegidas na forma de Unidades de Conservação, sendo cerca de 60% destas em Parques e Reservas Federais (Brasil, 2020a).

No Brasil, as formações rochosas de arenito apresentam um potencial estimado de ocorrência de cavernas maior do que o documentado atualmente, e mostram-se pouco exploradas cientificamente (Santos *et al.*, 2016). Parte destas

69 formações está no semiárido do Nordeste, inserida no bioma Caatinga, cujo elevado
70 potencial espeleológico é reconhecido (Jansen *et al.*, 2012), mas permanece
71 subamostrado para suas cavidades naturais. A base de dados do Cadastro Nacional
72 de Informações Espeleológicas (Canie – Cecav/ICMBio) aponta 3.640 cavernas
73 identificadas na Caatinga, ou cerca de 18% dos registros atuais (Brasil, 2020a).
74 Estes números são claramente baixos, considerando a extensão da Caatinga
75 (912.529 km²), e, mais além, concentrados em poucas localidades intensamente
76 estudadas, como o Parque Nacional da Fuma Feia, no Rio Grande do Norte, uma
77 das raras unidades de conservação federais, criadas com o objetivo de proteger o
78 patrimônio espeleológico no Brasil (Brasil, 2019). Outras unidades de conservação
79 da Caatinga estão em áreas com elevado potencial espeleológico, mas poucas
80 dispõem de informações sobre cavernas dentro de seus limites. Tal ausência de
81 informações é prejudicial de várias formas, pois o patrimônio espeleológico destas
82 áreas permanece desconhecido, comprometendo iniciativas de estudo, proteção e
83 visitação de ativos que podem agregar valor e importância às unidades de
84 conservação que os abrigam.

85 O Parque Nacional do Catimbau (daqui em diante PNC), na porção central do
86 estado do Pernambuco, está em uma região com elevado potencial de ocorrências
87 de cavernas areníticas (Jansen *et al.*, 2012). As primeiras informações referentes às
88 cavidades nessa região são das décadas de 1970 (Guerra, 2007; Leal & Coelho,
89 2019), 1990 (Pinto-da-Rocha, 1995), provenientes de três cavidades (Fuma do Gato
90 e Fuma da Onça). Em 2002, no perímetro que delimitou o PNC, nove cavidades
91 foram registradas (SNE, 2002). Nos anos seguintes, foram descobertas e
92 documentadas novas cavidades (Medeiros, 2013; Oliveira-Galvão, 2014; Azevêdo &
93 Bernard, 2015; Leal & Ramalho, 2021), totalizando 84 cavidades, mas ainda assim,
94 a região do PNC e entorno ainda têm grandes lacunas de conhecimento acerca de
95 seu patrimônio espeleológico, que permanece pouco conhecido do ponto de vista
96 científico.

97 Considerada área núcleo da Reserva da Biosfera da Caatinga pela
98 Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco),
99 o PNC tem extrema importância biológica e prioritária para conservação desse
100 bioma, por apresentar endemismos e espécies raras da fauna e flora (SNE, 2002;
101 Sousa *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2015; Fundaj, 2015). Além disso, seu carste
102 arenítico engloba diversas formações e monumentos geomorfológicos entre

inúmeros abrigos-sob-rochas, cavernas, cânions, paredões, esculturas rochosas de diferentes formas, chapadões, serras e lapiás esculpidos ao longo do tempo pela erosão eólica e ação das chuvas (Nascimento *et al.*, 1996). O PNC e sua área de entorno abriga ainda um rico patrimônio cultural representado por cerca de quatro centenas de sítios arqueológicos (Brasil, 2020b; Pessis *et al.*, 2017; Souza, 2016), com pinturas, gravuras e grafismos rupestres, além de evidências de grupos humanos pré-históricos, datados de pelo menos 6.000 mil anos (Solari *et al.*, 2016). Isso faz do PNC o segundo maior parque arqueológico do Brasil, sendo ultrapassado apenas pela Serra da Capivara, no Piauí (Solari & Silva, 2017).

Atualmente, cavernas e formações rochosas são um atrativo turístico na região do Vale do Catimbau e no PNC (SNE, 2002; Azevêdo & Bernard, 2015). Porém, cavernas são ambientes bastante sensíveis às perturbações (Tibiriça, 2013), e se atividades de turismo e visitação forem conduzidas de forma incorreta e desordenadas, podem impactar negativamente estes ambientes e seu entorno (Sarfati & Sano, 2012), bem como a rica e pouco estudada fauna subterrânea presentes nestas cavidades (Otálora-Ardila *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2020). No PNC, este cenário é particularmente agravado pela inexistência de um Plano de Manejo para o parque desde sua criação, em 2002 (Brasil, 2021).

De forma a contribuir para o conhecimento do patrimônio espeleológico da região do PNC, apresentamos aqui os resultados de um inventário de cavidades naturais do carste arenítico do parque e sua zona de amortecimento num raio de 10 km ao redor dos seus limites. Apresentamos também um mapa virtual com informações georreferenciadas e metadados do patrimônio espeleológico encontrado, de modo a sistematizar as informações disponíveis, e permitir o fácil acesso, manipulação interativa e edição contínua de dados. Por meio da documentação sistematizada das cavidades já conhecidas, pela espacialização de áreas com maior concentração de cavidades, e identificação de áreas prioritárias para novos inventários, esperamos que este estudo contribua com subsídios para a elaboração de um futuro Plano de Manejo do PNC e entorno, inexistente até a época atual.

Metodologia

Área de Estudos

Geomorfologia regional e contexto geológico local: Cerca de 90% do estado de Pernambuco é recoberto por rochas pré-cambrianas, bacias sedimentares interiores de idade paleo-mesosóicas e litorâneas de idade meso-cenozóicas, sendo atravessado no sentido leste-oeste por uma estrutura tectônica denominada Lineamento Pernambucano (SNE, 2002). Neste cenário, o PNC é cortado ao norte pelo Lineamento Pernambuco, e nele ocorrem exemplares significativos dessa geologia característica, com o afloramento de unidades geológicas pertencentes ao embasamento Pré-Cambriano (15% da área total, com destaque para os Complexos Belém de São Francisco e Vertentes e a Suíte Intrusiva Iporanga), sedimentos da Bacia do Jatobá (35%, com destaque para os grupos Jatobá, Brotas e, Santo Amaro) e coberturas Terciárias compostas por sedimentos detríticos/arenosos de origem elúviocoluvionares (50%) (SNE, 2002). Entre os grupos da bacia do Jatobá, merecem menção as formações Tacaratu e Inajá (grupo Jatobá), Aliança (grupo Brotas) e Candeias (grupo Santo Amaro). As formações Tacaratu/Inajá, constituem um grande sistema aquífero de águas profundas, do qual são explorados milhares de metros cúbicos, por ano, para abastecimento de cidades e projetos de irrigação da região (Costa Filho *et al.*, 2005), e na formação Tacaratu estão localizados a maioria dos sítios arqueológicos com inscrições rupestres identificados no PNC (SNE, 2002; Souza, 2016; Pessis *et al.*, 2017; Brasil, 2020b).

Localização e características ambientais: Criado pelo Decreto s/nº em 13 de dezembro de 2002 (Brasil, 2002), o PNC (8º24'e 8º36'S e 37º09' e 37º14'W) está no domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste do Brasil (*sensu* Ab'Saber, 2003), entre as ecorregiões da Depressão Sertaneja Setentrional e do Raso da Catarina, no bioma Caatinga (Velloso *et al.*, 2002). Com porções inseridas nos municípios pernambucanos de Buíque, Tupanatinga e Ibimirim, o nome Catimbau faz referência a Serra de Catimbau, em Buíque (Melo, 2012). O PNC possui cerca de 62.300 ha e delineando seus limites há uma zona de amortecimento (=área de entorno) com 10 km de largura, estabelecida conforme Resolução 13/90 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Machado *et al.*, 2017).

O clima da região tem uma estação seca de setembro a janeiro, sendo outubro o mês mais seco (SNE, 2002), e uma estação chuvosa entre março a julho (Sudene, 1990). A precipitação média anual varia de 650 a 1100 mm, com grande

irregularidade no regime interanual (Fundaj, 2015). A média térmica é de 23°C, sendo julho o mês menos quente e dezembro o mais quente (SNE, 2002). O terreno varia de levemente a fortemente ondulado e apresenta elevado número de afloramentos rochosos (Ferreira *et al.*, 2015). A elevação varia de 440 m a 1.073 m (Fundaj, 2015).

No PNC há a ocorrência de seis classes de solos, com mais de 70% da área do parque coberta pelos Neossolos (Quartzênicos e Litólicos) (Santos *et al.*, 2011; SNE, 2002; Brasil, 2005). A vegetação nativa da região é um complexo de espécies do bioma Caatinga nos extratos herbáceos (<2 m), arbustivos (de 2 a 5 m) e arbóreos (entre 8 a 12 m), floresta estacional, enclaves de mata úmida, resquícios dos brejos de altitude, campo rupestre e espécies de cerrado edáfico (Rodal *et al.*, 1998, Gomes *et al.*, 2006; Silva Júnior 2013; Fundaj, 2015). As áreas com predominância de caatinga herbácea e arbustiva estão sobre as áreas escarpadas e nas extensas áreas planas deposicionais, respectivamente, enquanto a caatinga arbórea se concentra encaixada nos vales e nas bordas dos paredões (Vital *et al.*, 2008; Fundaj, 2015).

Apesar da presença de corpos d'água ser inexpressiva na região devido ao clima semiárido marcado pela irregularidade anual de chuvas e longos períodos de estiagem (SNE, 2002; Fundaj, 2015), o PNC apresenta-se cortado por pequenos afluentes intermitentes da margem esquerda do rio Moxotó, destacando-se o rio Pau-a-Pique, Riacho Brejo, Riacho do Mel, Riacho Pioté, Riacho dos Campos e a Lagoa do Puiú (SNE, 2002; SILVA *et al.*, 2017).

O PNC não tem plano de manejo, e experimenta problemas de regularização fundiária, com cerca de 2.000 famílias ainda vivendo dentro de seus limites (Machado *et al.*, 2017). Os moradores locais são fortemente dependentes da exploração dos recursos naturais (Fundaj, 2015) e a cobertura do PNC é um mosaico de áreas sem ou com poucos sinais de atividade humana, e áreas antropizadas. Contíguo à margem sul do PNC está a Terra Indígena Kapinawá (doravante TIK), com 12.403 ha e cerca 1.800 indígenas de 45 famílias, que ainda se encontram dentro do perímetro proposto para o PNC (Fundaj, 2015; UFPE, 2020; Machado *et al.*, 2017). Essa Terra Indígena está inserida dentro da zona de amortecimento do Parque, a qual se estende por 10 km de largura, a partir de sua poligonal delimitadora (MACHADO *et al.*, 2017).

Inventário Espeleológico

Inventário em bases de dados: Foram realizadas buscas por dados de registros sobre cavernas no PNC e área de entorno cadastradas na base de dados do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (Canie – www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html) existentes até 31/12/2019, e de literatura científica, usando as bibliotecas online Scielo (www.scielo.org/), Scopus (www.elsevier.com/scopus), Google Scholar (www.scholar.google.com.br), Periódicos CAPES (www.periódicos.capes.com.br), Web of Science (www.sciencedirect.com), Researchgate (www.rresearchgate.com), e Science Direct (www.sciencedirect.com), utilizando-se as palavras-chave “Catimbau”, “Parque Nacional do Catimbau”, “bats”, “cavernas” and “caves”, isoladas ou combinadas. Buscou-se por dados publicados (artigos, livros e capítulos de livros) e dados não publicados (teses de doutorado, dissertações de mestrado, comunicações de encontros). Consultas à base de dados de sítios arqueológicos cadastrados e georreferenciados do Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) (<http://portal.iphan.gov.br/cna/pagina/detalhes/1227>) foram realizadas, bem como nos estudos do Programa de Pós-Graduação em História, do Núcleo de Estudos Arqueológicos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e do Projeto de Caracterização dos Sítios Pré-Históricos com Grafismos Rupestres no estado de Pernambuco (Souza, 2016; Pessis *et al.*, 2017). Por fim, foi realizada uma consulta na lista de cavernas da Comissão Brasileira dos Sítios Geológicos e Paleobiológicos (Sigep), categorizadas como sítios espeleológicos (Lobo & Boggiani, 2013).

Coleta de Dados em Campo: Por meio do projeto "Inventário Anual do Patrimônio Espeleológico Nacional", executado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - Cecav foram consideradas informações obtidas em duas expedições de prospecção espeleológica no PNC e área de entorno: entre os dias 14 e 24 de novembro de 2014, cujos dados foram gentilmente cedidos por D. M. Bento, analista ambiental do Cecav; e de 25/11 a 07/12/2019, com participação do primeiro autor deste artigo. Foram considerados pontos a serem prospectados e pontos para validação, identificados na prospecção de 2014. A equipe composta por seis integrantes se dividiu em campo em dois grupos e as atividades de prospecção

se deram através de caminhamentos nos sopés, encostas e topos de serras, fundos de vales e leitos secos de riachos intermitentes da região (Fig. 1). Dados informais sobre a existência de cavidades na região foram colhidos dos guias do Parque, indígenas e moradores da Vila do Catimbau.

Quando do encontro de cavidades naturais, foram tomados coordenadas geográficas, largura e altura da boca da cavidade, altura do teto, desenvolvimento linear, tipo da cavidade, litologia, presença de morcegos, espécies, tamanhos das colônias e agrupamentos, número de claraboias, presença de espeleotemas, e drenagem subterrânea. Topografias das cavidades foram realizadas quando necessário. Algumas cavidades foram topografadas e croquis foram produzidos. Coordenadas geográficas com GPS foram tomadas na entrada de cada cavidade.



Figura 1 – A e B: Caminhamentos de Prospecção Espeleológica no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, pelo Cecav/ICMBlo/Base Avançada de Natal/Rio Grande do Norte, no período de 25/11 a 07/12/2019; C: Furna do Letreiro Prateado, Tupanatinga, dentro do PNC; e D: Caverna do Uilson, Ibimirim, dentro do PNC. Fonte: Os autores (2021).

Análise de dados e composição cartográfica: Para elaboração de um mapa online com as cavidades do PNC foram considerados os seguintes dados digitais disponíveis em formatos *shapefile* e *raster*:

- Arquivo vetorial poligonal do PNC disponibilizado pelo ICMBio, no sítio, <<https://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamento1/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>>, com a última atualização em julho de 2019;
- Limites da TIK disponibilizado pela Fundação Nacional do Índio (Funai), no sítio, <<http://www.funai.gov.br/index.php/shape>>, atualizados em junho de 2020;
- Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA), no sítio, <<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>, atualizada em maio de 2019;
- Limites político-administrativos dos estados e municípios disponibilizados pela Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no sítio, <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>, com dados atualizados em 2019;
- Mapa de Potencialidade de Cavernas do Brasil na escala 1:2.500.000 (Jansen *et al.*, 2012) disponibilizado pelo Cecav, no sítio, <<https://www.icmbio.gov.br/Cecav/projetos-e-atividades/potencialidade-de-ocorrencia-de-cavernas.html>>;
- Mapa de Vulnerabilidade Natural do Patrimônio Espeleológico da Região de Abrangência do PAN Cavernas do São Francisco (Jansen *et al.*, 2014) disponibilizado pelo Cecav, no sítio, <<https://www.icmbio.gov.br/Cecav/projetos-e-atividades/pan-cavernas-do-sao-francisco.html>>;
- Mapa Geológico da área de estudo confeccionado a partir da composição de quatro cartas geológicas na escala 1:100.000 – Folha Buíque (SC.24-X-B-IV) (Accioly & Moraes, 2013), Folha Poço da Cruz (SC.24-X-A-VI) (Neumann & Miranda, 2016), Folha Sertânia (SC.24-X-B-I) (Santos & Accioly, 2010) e Folha Custódia (SC.24-X-A-III) (Lima *et al.*, 2018), disponibilizadas pela

Companhia Brasileira de Produção Mineral (CPRM), no sítio <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>;

- Mapa de Altimetria da área de estudo confeccionado a partir das linhas de curvas de nível do mosaico das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – Cartas: SC-24-x-b e SC-24-x-a (Miranda, 2005).

Pontos de interesse com coordenadas geográficas foram transformados em arquivos vetoriais no programa GPS TrackMaker Versão 13.9.596. Os pontos e linhas foram georreferenciados no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, utilizando o software ArcGis 10.3. A imagem de satélite utilizada nos mapas de localização foi obtida no Basemap do programa ArcGis. Para o cálculo das áreas de Potencialidade de Ocorrência de Cavernas e Vulnerabilidade Natural do PNC e da TIK, em arquivos vetoriais do tipo poligonal, os dados foram projetados para o sistema de projeção cônica de Albers para a América do Sul. Para o cálculo dos arquivos vetoriais do tipo linha (caminhamentos), os dados foram projetados no sistema de coordenadas métricas, Universal Transversa de Mercator (UTM).

Cada registro alimentou um banco de dados com metadados de cada cavidade: coordenadas geográficas (graus decimais, Datum WGS84 e Sirgas 2000); município e unidade federativa; bioma; data de registro; proteção legal; elevação, erro GPS, e quantidade de satélites; extensão, largura e altura da entrada; área e volume da cavidade; espécies de morcegos registradas em estudos prévios e no presente estudo; mapa da cavidade e referências. A classificação das cavernas quanto a riqueza de morcegos seguiu Guimarães & Ferreira (2014). Por fim, foi produzido um mapa virtual através Google My Maps (<https://www.google.com/intl/pt-BR/maps/about/mymaps/>).

Resultados

Cavidades no Parque Nacional do Catimbau - Registros pretéritos da ocorrência de nove cavernas foram encontrados nos trabalhos de Pinto-da-Rocha (1995), SNE (2002), Guerra (2007) e Astúa & Guerra (2008). Dentro dos limites do PNC e sua área de amortecimento foram identificadas 201 cavidades, sendo 83 identificadas no levantamento espeleológico de 2014 e outras 118 no ocorrido em 2019. Ambas as

expedições somaram um total de 353 km de caminhamentos de prospecção espeleológica na região. Das 201 cavidades, 187 estão localizadas dentro do PNC e 14 na área de entorno, distribuindo-se em 59 abrigos-sob-rocha e 25 cavernas em Buíque; 29 abrigos sob rocha e 31 cavernas em Ibimirim; e 31 abrigos sob rocha e 26 cavernas em Tupanatinga. Todas as cavidades inventariadas foram cadastradas no Canie/Cecav e somam um total de 267 cavidades naturais para Pernambuco, sendo 89 no município de Buíque, 62 em Ibimirim, e 58 em Tupanatinga.

Porém, dados obtidos do Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos do Iphan (CNSA) e de fontes bibliográficas consultadas, referentes a pesquisas arqueológicas ocorridas na área, apontam a existência de mais 52 cavidades, 49 abrigos-sob-rocha e três cavernas no PNC e área de entorno, não existentes nas bases nacionais de dados geoespacializados de cavernas do Brasil (Canie/Cecav; CNC/SBE). Isso soma um total de 252 cavidades naturais subterrâneas para o PNC e sua área de entorno. E, eleva o número de cavidades registradas para o estado de Pernambuco para 318 (acréscimo de 16%). Para 12 dessas cavidades adicionais, representadas por abrigos sobre rocha com pinturas e grafismos rupestres, não foi possível obter as coordenadas geográficas de suas localizações com exatidão. De modo que, somados todos os registros válidos, foram consideradas 241 cavidades, nas análises do presente estudo, sendo 224 (142 abrigos-sob-rocha e 82 cavernas) dentro dos limites do PNC, e 17 (14 abrigos-sob-rochas e três cavernas) na sua área de entorno (Tabela 1). Uma caverna dentro do PNC (Furna do Cipó, Buíque) foi apontada pelo Plano de Ação Nacional (PAN) Cavernas do São Francisco como alvos de fiscalização, dentre as 108 cavidades indicadas para o estado de Pernambuco (Brasil, 2018).

O mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades (Jansen *et al.*, 2012) demonstra que 49,5% (308,2 km²) da área do PNC é de improvável ocorrência, 45,4% (282,7 km²) de potencial médio, 3,7% (23,3 km²) de potencial baixo e 1,3% (8,4 km²) de alto potencial (Fig. 2). Entre as 224 cavidades dentro do PNC para as quais obtivemos coordenadas geográficas, 118 abrigos-sob-rocha e 67 cavernas estão localizadas em áreas classificadas com potencial médio, 14 abrigos sob rocha e seis cavernas em área com improvável ocorrência, quatro abrigos sob rocha, oito cavernas em áreas com alto potencial, e seis abrigos sob rocha e uma caverna em áreas com baixo potencial (Tabela 1).

De acordo com o mapa de Vulnerabilidade Natural da Bacia do São Francisco (Jansen *et al.*, 2014), 61,5% (382,9 km²) da área do PNC apresenta grau de vulnerabilidade natural médio, 30,7% (191,2 km²) muito alto e 7,8% (48,6 km²) baixo (Fig. 3). A distribuição das 224 cavidades mostra que 121 abrigos-sob-rocha e 74 cavernas estão localizadas em áreas classificadas com grau de vulnerabilidade muito alta, 20 abrigos-sob-rocha e oito cavernas em área de vulnerabilidade média, e um abrigo-sob-rocha em área de vulnerabilidade baixa (Tabela 1).

Todas as informações aqui reunidas foram integradas no mapa virtual de ocorrência e distribuição de cavidades naturais no PNC, cujo acesso está disponível em:

<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1VtRHbaZk6CEw2Wr4dpVwTaqH18hDdHB&ll=-8.538420719050707%2C-37.35416549999999&z=11>

Tabela 1 – Distribuição de cavidades naturais subterrâneas nas áreas dos municípios abrangidos pelo Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, de acordo com os graus de potencialidade de ocorrência e vulnerabilidade natural (Jansen *et al.*, 2012; 2014). (*) Doze cavidades foram excluídas por não apresentarem coordenadas geográficas nas bases de dados e fontes consultadas. Grau de Ocorrência: A –Alta, M – Média, B – Baixa, OI – Ocorrência Improvável; Classe de Vulnerabilidade Natural: MA – Muito Alta, A – Alta, M – Média, B – Baixa, MB – Muito Baixa.

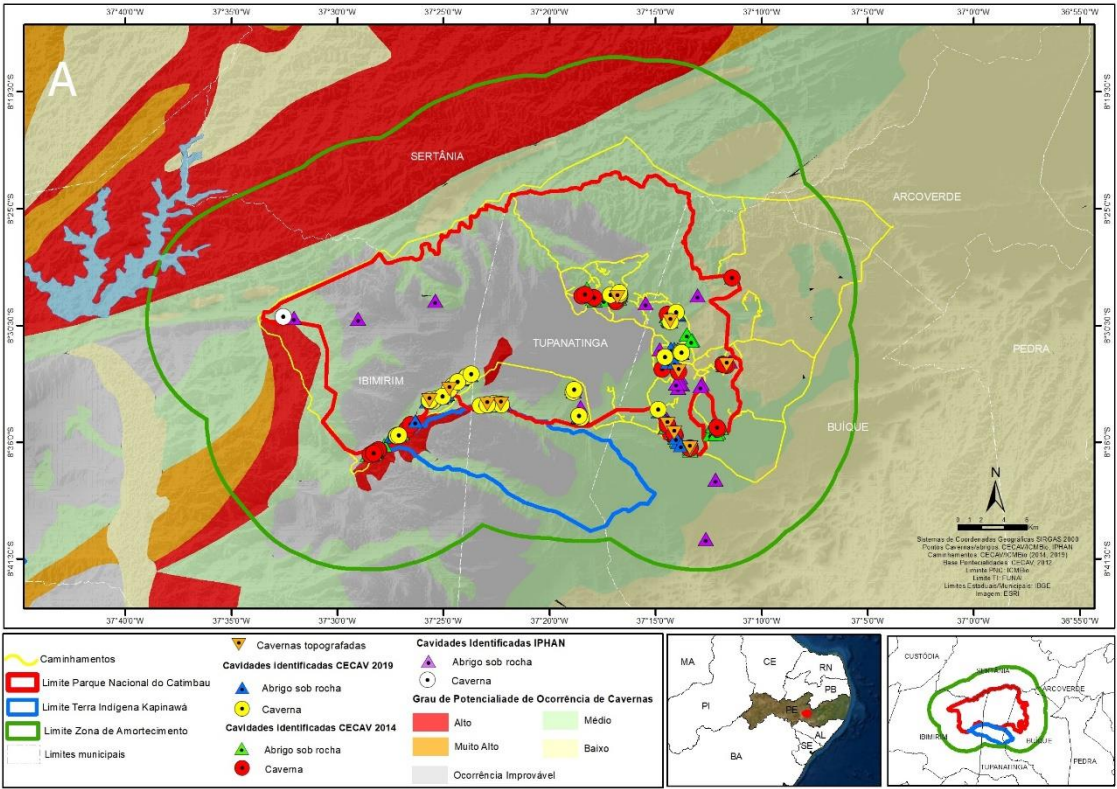
Abrigos-sob-rocha

Município	Grau de Ocorrência				Classes de Vulnerabilidade Natural					Total
	A	M	B	OI	MA	A	M	B	MB	
Buíque	-	72	7	-	72	-	7	-	-	79
Ibimirim	4	25	-	9	28		9	1	-	38
Tupanatinga	-	34	-	5	34	-	5	-	-	39
Total	4	131	7	14	134	-	21	1	-	156

Cavernas

Município	Grau de Ocorrência				Classes de Vulnerabilidade Natural					Total
	A	M	B	OI	MA	A	M	B	MB	
Buíque	-	24	1	-	24	-	1		-	25
Ibimirim	8	21	-	3	29	-	3	-	-	32
Tupanatinga	-	25	-	3	24	-	4	-	-	28
Total	8	70	1	6	77	-	8	-	-	85

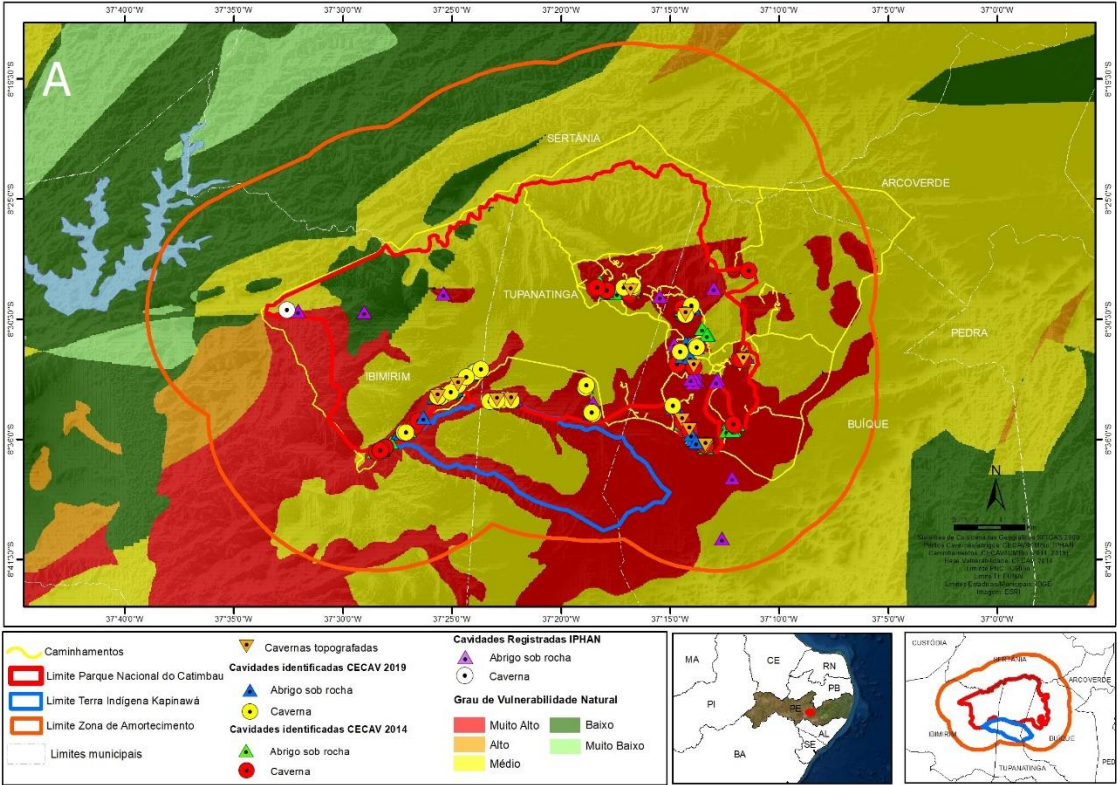
Fonte: Os autores (2021)



B

Potencial de Ocorrência	Número de Cavidades	Total (%)
Alto	12	4,98
Médio	201	83,40
Baixo	8	3,32
Ocorrência Improvável	20	8,30
Total	241	100,00

Figura 2 – A e B: Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com o grau de potencialidade de ocorrência (Jansen *et al.*, 2012).



B

Classe de Vulnerabilidade Natural	Número de Cavernas	Total (%)
Muito Alta	211	87,55
Alta	0	0,00
Média	29	12,03
Baixa	1	0,41
Muito Baixa	0	0,00
Total	241	100,00

Figura 3 – A e B: Distribuição de cavernas naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com o grau de vulnerabilidade natural (Jansen *et al.*, 2014).

Cavernas na área de entorno do PNC

Foram registradas 17 cavernas naturais inseridas na área de entorno do PNC. Destas, 14 estão fora da TIK (Furna do Puiú, Abrigo do Puiú, Abrigo do Puiú, II, Abrigo do Puiú III, Abrigo do Janelão, Abrigo do Vale do Cigano, Abrigo do Vale do Cigano II, Furna dos Cactos, Abrigo da Serra do Catimbau I, Abrigo da Serra do Catimbau II, Abrigo da Entrada da Serra do Catimbau I, Abrigo da Entrada da Serra do Catimbau II, Abrigo do Sítio Coqueiro, Sítio Funa do Letreiro de Mina Grande, Sítio Serra do Abacaxi) e dois dentro da TIK

(Caverna da Fenda, Abrigo Dois Chifres). A TIK está totalmente localizada na zona de amortecimento do PNC, entretanto representa um grande vazio amostral. A TIK apresenta o maior percentual de seu território inserido, conforme Jansen *et al.* (2012), em áreas de grau de potencialidade de ocorrência médio (65,7 km²; 52,9%), seguido por áreas de improvável ocorrência (50,9 km²; 41,0%) e potencial alto (7,3 km²; 5,9%), não há áreas de potencial baixo.

De acordo com o grau de vulnerabilidade natural apresentado por Jansen e colaboradores (2014), a TIK apresenta 73,0 km² (58,9%) de seu território em zona de vulnerabilidade muito alta e 50,9 Km² (41,1%) em zona de vulnerabilidade média. Não há áreas de vulnerabilidade alta, baixa e muito baixa. Entre as 17 cavidades da área de entorno do PNC, 13 situadas fora da TIK (11 abrigos-sob-rocha e duas cavernas) são alvos de fiscalizações do PAN Cavernas do São Francisco (Brasil, 2018).

Características das Cavidades

Apenas vinte cavidades foram topografadas na região, e um número menor ainda, contam com mapas planialtimétricos elaborados (n=10) (Tabela 2). No geral, quase a totalidade das cavidades encontradas é seca, não há presença de corpos ou cursos d'água em seus interiores, com exceção das cavernas Meu Rei e Furna do Gato, onde foram observados pontos de gotejamento. Foram registrados espeleotemas do tipo microestalactite na caverna Boca do Peixe; estalactite, estalagmite e escorrimento na Caverna Meu Rei e espeleotemas tipo cortinas, bem como estalactites ativas no abrigo do Pinga da Serra dos Breus. Ocorrências arqueológicas foram registradas em 40 das cavidades. No geral as cavidades são pequenas em extensão, apresentando valor máximo de 162,6 m na Caverna Meu Rei, e mínimo de 2,0 m nos abrigos Boca da Tartaruga e da Pedra Pintada.

A Caverna Meu Rei, dentro do PNC, destaca-se como a maior em extensão e volume do estado de Pernambuco (Azevêdo & Bernard, 2015). Uma das características apresentadas por essa caverna que elevou a sua classificação para "Máxima Relevância" está à presença temporária de grandes colônias de morcegos, superiores a 100.000 indivíduos em alguns momentos

452 (Otálora-Ardila et al. 2019). No presente estudo, destacamos a existência de
453 uma segunda caverna, a Furna do Morcego (código Canie
454 023684.00030.26.15805), habitada também por uma grande colônia de
455 morcegos. Essa caverna apresenta fortes características de *bat cave*, em
456 decorrência da abundância de morcegos e do microclima constatados durante
457 a visita técnica.

458 Tabela 2 - Cavidades naturais subterrâneas topografadas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste
 459 do Brasil.

460

#	Nome da Caverna	Classificação	Código	Fonte
1	Abrigo do Capu (Furna do Capu) ⁽¹⁾	abrigo-sob-rocha	Canie/Cecav: 016714.00003.26.06606; CNC/SBE: PE-06	SNE (2002)
2	Abrigo Serra de Jerusalém I ⁽¹⁾	abrigo-sob-rocha	Canie/Cecav: 019186.00036.26.02803	Cecav/ICMBio (2014)
3	Furna da Janela (Toca da Janela) ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 016716.00004.26.06606; CNC/SBE: PE-07	SNE (2002)
4	Furna da Onça ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 016732.00009.26.02803; CNC/SBE: PE-04	SNE (2002)
5	Furna de Mané Bento ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 019190.00040.26.02803	Cecav/ICMBio (2014)
6	Furna do Alcobaça II (Gruta Alcobaça II) ^{(1) (3)}	caverna	Canie/Cecav: 016734.00011.26.02803; CNC/SBE: PE-11	SNE (2002)
7	Furna do Arco do Brejo de São José ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 019191.00041.26.02803	Cecav/ICMBio (2014)
8	Furna do Bocão (Toca do Bocão) ⁽¹⁾	abrigo-sob-rocha	Canie/Cecav: 016717.00005.26.06606; CNC/SBE: PE-08	SNE (2002)

#	Nome da Caverna	Classificação	Código	Fonte
9	Furna do Gato (do Rei) ^{(1) (3)}	caverna	Canie/Cecav: 016728.00008.26.02803; CNC/SBE: PE-03	SNE (2002)
10	Furna do Letreiro Prateado (Toca do Letreiro Prateado) ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 016726.00006.26.15805; CNC/SBE: PE-10	SNE (2002)
11	Furna do Meu Rei (Caverna do Rei) ^{(2) (3)}	caverna	Canie/Cecav: 016733.00010.26.15805; CNC/SBE: PE-02	Cecav/ICMBio (2014)
12	Furna do Walmir ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 019198.00048.26.02803	Cecav/ICMBio (2014)
13	Furna Serra de Jerusalém ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 019199.00049.26.02803	Cecav/ICMBio (2014)
14	Furna Vermelha (Toca Vermelha) ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 016727.00007.26.15805; CNC/SBE: PE-09	SNE (2002)
15	Caverna Boca de Peixe ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 026115.00035.26.15805	Cecav/ICMBio (2019)
16	Caverna da Juriti ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 026123.00032.26.06606	Cecav/ICMBio (2019)
17	Caverna do Uilson ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 026124.00033.26.06606	Cecav/ICMBio (2019)
18	Caverna Vermelha ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 026139.00065.26.02803	Cecav/ICMBio

#	Nome da Caverna	Classificação	Código	Fonte
				(2019)
19	Sítio Furna do Morcego ⁽¹⁾	caverna	Canie/Cecav: 023684.00030.26.15805;	Guano Speleo (2018)
20	Gruta da Estrada - Puiú ⁽¹⁾	caverna	CNC/SBE: PE-05	SNE (2002)

461 Fonte: Sociedade Nordestina de Ecologia (2002), Guano Speleo (2018) e CECAV/ICMBio (2014 e 2019[Presente estudo]).

462 Legenda: (1) Sem mapas topográficos, (2) Com mapas topográficos (Veja Azevêdo & Bernard, 2015); (3) Novas topografias realizadas
 463 em 2014 pelo CECAV/ICMBio.

acordo com a divisão em unidades estratigráficas da região (Accioly & Moraes, 2013; Neumann & Miranda, 2016; Santos & Accioly, 2010; Lima *et al.*, 2018).

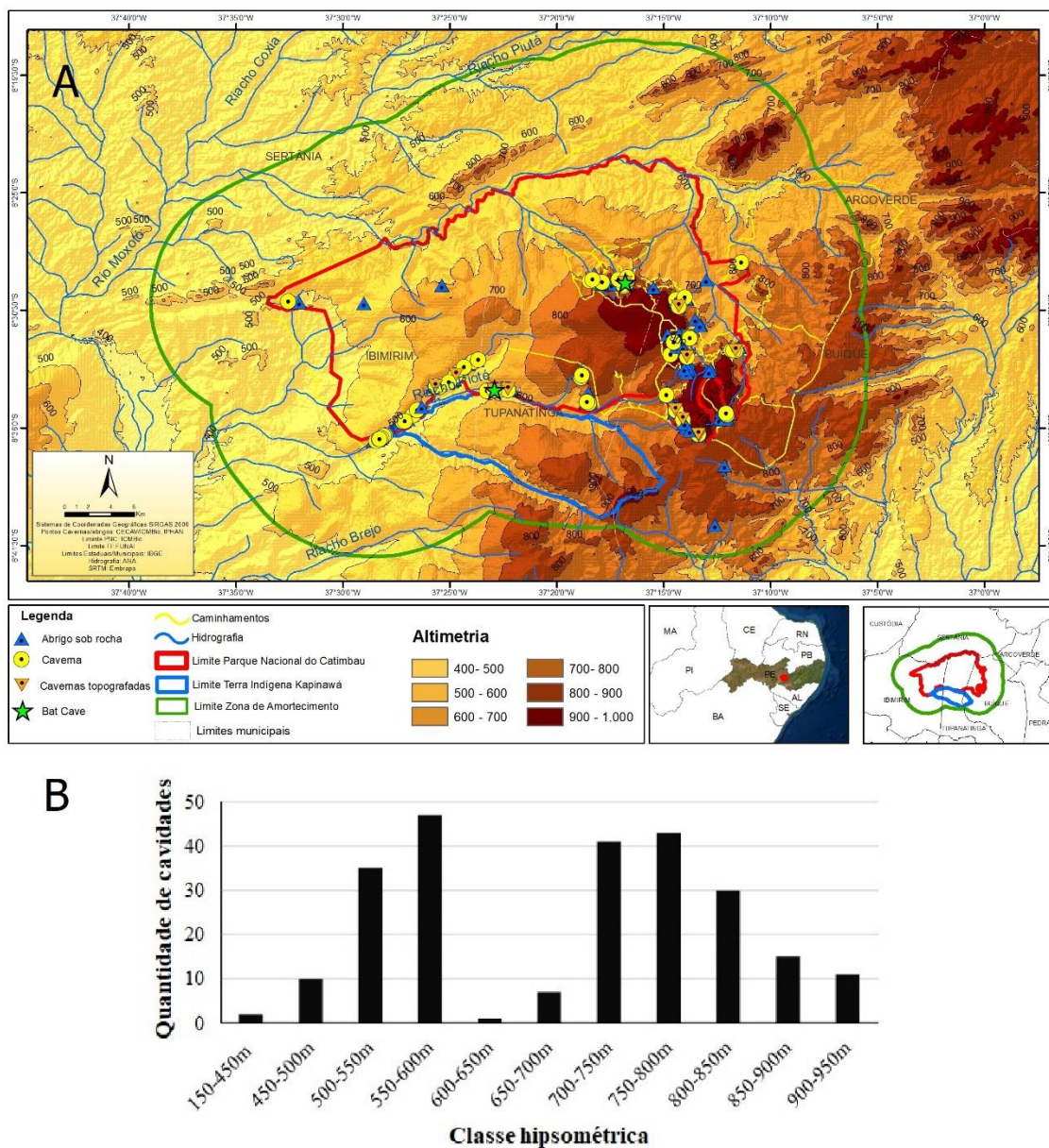


Figura 5 – A e B: Distribuição das cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e área de entorno, Pernambuco, Nordeste do Brasil, de acordo com as cotas de altitude.

Cavidades Sítios Arqueológicos no PNC e Área de Entorno

Entre as 40 cavidades naturais subterrâneas com registros válidos no carste arenítico do Catimbau e que representam sítios arqueológicos de pinturas e grafismos rupestres, 37 são abrigos-sob-rocha e três são cavernas (Souza, 2016; Pessis et al., 2017; IPHAN, 2020). Destas, 38 estão localizadas dentro do PNC e duas na sua área de entorno, fora da TIK (Sítio Furna do Letreiro de Mina Grande e Sítio Serra do Abacaxi). Os 12 sítios de importância arqueológica excluídos das análises do presente estudo por não apresentarem dados exatos de localização, representam abrigos-sob-rocha assinalados para Buíque e são denominados de Sítios PE 52-MXa, PE 53-MXa, PE 54-Mxa, PE 55-Mxa, PE 56-Mxa, PE 57-Mxa, PE 58-Mxa, PE 91-MXa, Iguana, Homem Sem Cabeça, Abrigo do Mingu e Alcobaça. Destes, 10 constam na base de dados do Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) do Instituto do Patrimônio Histórico e Arquitetônico Nacional (Iphan).

Do total de 40 cavidades classificadas como sítios arqueológicos e com registros válidos no Catimbau e área de entorno, apenas seis - Casa de Farinha, Gruta do Quixéu I, Gruta do Quixéu II, Pedra do Cachorro, Furna do Letreiro de Mina Grande e PE 48-Mxa - constam no CNSA/Iphan. E apenas um único sítio, a Furna do Morcego, possui cadastro na base nacional de dados geoespacializados de cavernas do Brasil (Canie/Cecav).

Entre as cavidades inventariadas nas expedições de 2014 e 2019 do Cecav/ICMBlo, foi identificada a presença de grafismos e pinturas rupestres em abrigos-sob-rocha na região, até então, desconhecidos da Arqueologia, revelando que o PNC e seu entorno são ricos em cavidades com pintura e grafismos rupestres ainda por estudar.

Ameaças ao patrimônio espeleológico local

Dentre os impactos antropogênicos que ameaçam a integridade do patrimônio espeleológico local foram identificados: a prática da retirada de colmeias para extração de mel de abelhas (e.g. Furna da Serra do Barreiro, Sítio Tauá II); o desalojamento de tatus (Mammalia: Cingulata) com a utilização

do fogo, que também causa destruição de pinturas rupestres; uso de explosivos de festas juninas na tentativa de desalojar morcegos abrigados (e.g. Furna do Gato); escavações em busca de ouro e metais preciosos em decorrência de lendas locais; uso de cavidades como curral ou local de pastoreio de bovinos, caprinos e ovinos (e.g. Furna dos Campos, Furna do Morcego); queimadas no entorno para a prática de coivara (e.g. Sítio Toca das Abelhas, Furna do Morcego); presença de urina e excrementos de animais de criação (caprinos) (e.g. Sítio do Zezé, grande parte dos abrigos visitados); substituição da vegetação nativa do entorno para plantio de subsistência (e.g. Abrigo do Alcobaça); uso como local de abrigo por caçadores, que montam fogueiras durante a prática da caça; visitação desordenada; intervenções de visitantes e curiosos locais; visitas sem a presença de guias (e.g. Sítio Olhos D'água do Catimbau, Sítio Tauá II); pichação em carvão efetuada pelos turistas (e.g. Sítio Prateado, Furna do Walmir, Furna do Gato); modificações realizadas visando uma possível habitação por parte de moradores locais (e.g. Caverna Meu Rei); habitação por moradores locais; uso como local de cultos religiosos (e.g. Sítio Prateado, Abrigo Nossa Senhora das Neves); deposição de lixo (e.g. Furna do Gato); e uso local como cemitério indígena (e.g. Sítios Alcobaça e Pedra do Cachorro).

A maioria dos impactos negativos identificados sobre as cavidades do PNC e área de entorno, provenientes de contínuas agressões antrópicas, principalmente do chamado turismo ecológico ou ecoturismo, não só ameaçam a integridade física das cavernas e abrigos habitados por representantes da fauna subterrânea, pobremente estudada, mas também daquelas com importância arqueológica e que podem levar a perda de informações culturais, material e pictórica, dos povos pré-históricos que os habitaram.

Discussão

O inventário aqui apresentado aponta a ocorrência de pelo menos 252 cavidades naturais inseridas no PNC e entorno imediato, indicando que esta unidade de conservação abriga um rico patrimônio espeleológico. Apesar do

elevado número, a área permanece pouco amostrada, tendo recebido baixos esforços de prospecção espeleológica. Este cenário aponta que a real riqueza de cavidades do parque e seu entorno ainda se encontra subestimada e novas cavidades certamente serão descobertas a partir de esforços concentrados em áreas ainda não prospectadas. Apesar de o PNC ter apresentado no estudo de avaliação de sua criação e de definição de sua poligonal delimitadora apenas nove cavidades naturais subterrâneas identificadas (SNE, 2002), seu perfil e potencial cárstico para descoberta de novas cavidades já eram reconhecidos (SNE, 2002; Fundaj, 2015; Carvalho-Neto & Santos, 2012; Maia *et al.*, 2014). O número crescente de cavidades identificadas e cadastradas a cada nova prospecção espeleológica ressaltam a importância do PNC na proteção do patrimônio espeleológico estadual e brasileiro, e suas cavernas devem ser vistas como um importante atributo no planejamento desta unidade de conservação. O banco de dados aqui produzido, e em especial o mapa online de ocorrência e distribuição de cavidades naturais, são instrumentos que permitem uma visão sintética e interativa do patrimônio espeleológico do parque, auxiliando no reconhecimento do padrão de distribuição das feições cársticas e propiciando a identificação das áreas ou regiões mais ou menos prospectadas. Estas ferramentas poderão contribuir com novos *insights* e perspectivas de trabalhos futuros, bem como fornecem subsídios para a elaboração de um futuro plano de manejo para esta unidade de conservação, importante documento ainda inexistente (Fundaj, 2015).

Prospecções espeleológicas envolvendo áreas cársticas areníticas em Parque Nacionais são raros no Brasil e poucos foram minimamente amostrados (e.g. Parque Nacional das Sempre Vivas em Minas Gerais - Santos *et al.*, 2016; e Parque Nacional dos Campos Gerais, no Paraná - Pontes *et al.*, 2018). No contexto dos parques situados na região semiárida da Caatinga, parques com áreas muito maiores que o Catimbau e com litologias propícias à ocorrência de cavernas, como o PARNA da Chapada Diamantina (1.520 km²), e o PARNA da Serra das Confusões (8.234 km²), permanecem desproporcionalmente subamostrados, com baixos registros de cavidades em seus limites (Albuquerque *et al.*, 2017; Brasil, 2019). Neste sentido, o PNC é

atualmente a unidade de conservação com o maior número de cavidades identificadas em formações rochosas areníticas. Ainda assim, ele está pobremente amostrado no tempo e no espaço, e extensas áreas representam vazios amostrais (vide mapa virtual <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1VtRHbaZk6CEw2Wr4dpVwTaqH18hDdHB&ll=-8.538420719050707%2C-37.35416549999999&z=11>).

Atualmente, as áreas mais prospectadas estão em suas porções oeste e sul, na divisa com a TIK, junto ao paredão arenítico com aproximadamente 11 km de extensão aí existente. Áreas internas do parque ainda foram pouco exploradas, e a adjacente TIK ainda são vazios amostrais, e deveriam ser consideradas prioritárias para novas prospecções.

No Brasil, são poucas as unidades de conservação especialmente criadas com o objetivo de proteger o patrimônio espeleológico, destacando-se na região nordeste o PARNA de Ubajara (Ceará), o PARNA de Sete Cidades (Piauí), PARNA da Serra da Capivara (Piauí), PARNA da Fuma Feia (Rio Grande do Norte), e a APA da Chapada do Araripe (Ceará, Pernambuco e Piauí). Os Parques Nacionais do Catimbau e da Fuma Feia são aqueles com o maior número de cavidades dentro de unidades de conservação no semiárido brasileiro, sendo o primeiro com 252 cavidades desenvolvidas em carste arenítico, e o segundo com 250 registros em carste carbonático (Bento *et al.*, 2013; Cecav, 2020).

Cavernas excepcionais e os riscos de visitação descontrolada

Das 252 cavidades levantadas, 53 apresentaram ocorrências de morcegos (E. Leal, em preparação), e duas contém populações excepcionais desses animais e são caracterizadas como *bat caves*. A excepcionalidade do tamanho das congregações de morcegos registradas nas cavernas Meu Rei (>118.00 indivíduos - Otálora-Ardila *et al.*, 2019) e Fuma do Morcego (>70.000 indivíduos – Leal & Ramalho, 2021), a dinamicidade do uso destes abrigos pelos morcegos, a elevada riqueza de espécies de morcegos registrada na Meu Rei – incluindo espécies ameaçadas no Brasil – e as interações ecológicas únicas nestas cavernas (Cunha *et al.*, 2020), são fatores que

indicam que estas cavidades devem ser consideradas prioritárias para a conservação. A caverna Meu Rei é a única do PNC classificada como turística na região de abrangência do Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco (Cecav, 2018). Avaliações pretéritas (SNE, 2002) e recentes da região de abrangência do PAN Cavernas do São Francisco (CECAV, 2018) apontaram a utilização da *bat cave* Meu Rei como equipamento turístico. Segundo estudo da SNE (2002), a visita turística deveria ser restrita até o primeiro salão. Entretanto, dada à excepcionalidade destas cavernas, e pela inexistência de um plano de visita estruturado dentro dos padrões necessários, o risco de perturbação e até mesmo abandono das colônias de morcegos em decorrência da frequência e magnitude de impactos negativos é alto. Entendemos que atividades de visita turística não devem ser realizadas nas cavernas Meu Rei e Furna do Morcego.

O PNC possui expressivas paisagens cársticas, como cânions, vales, serras, paredões rochosos, cavernas, abrigos-sob-rocha, além de diversidade de flora e fauna, e ainda abriga sítios arqueológicos. Essa riqueza de perfis, associada à imponência de suas paisagens naturais, proporciona um elevado potencial para o desenvolvimento do turismo, atividade ainda incipiente frente ao potencial existente que necessita de planejamento e ordenamento. As cavidades naturais subterrâneas representam o principal atrativo do relevo cárstico na região, sendo que diversas outras formas fisionômicas deste também podem ser utilizadas (Medeiros, 2013). O turismo em cavernas é uma alternativa de utilização dos recursos naturais, porém esta atividade precisa ser pensada em bases criteriosas e cuidadosamente planejada, pois pode causar dilapidação e destruição desses frágeis ecossistemas e envolver sérios riscos aos visitantes (Medeiros, 2013), caso sejam implementadas sem um rigor técnico e científico e com o acompanhamento de guias especializados.

Além do mais, o PNC devido a sua importância dentro do cenário nacional, sendo o segundo maior parque arqueológico do Brasil, após o Parque Nacional Serra da Capivara, no estado do Piauí, urge por uma maior

preservação do acervo de seus grafismos e pinturas rupestres e vestígios de ocupação por povos pré-históricos identificados em quase cinco dezenas de cavidades. Estes, segundo Nascimento *et al.* (1996), são essenciais, para estudos de outros sítios arqueológicos na área (material referência), determinação de grupos humanos autores das pinturas e grafismos rupestres, estabelecimentos de relações entre grupos humanos pré-históricos de diferentes regiões e delimitação de áreas de ocupação dos mesmos. E, importantes na reconstrução e resgate da arte rupestre da pré-história da região nordeste do Brasil (Martin *et al.*, 2015).

O PNC, sua biota e patrimônio histórico-cultural sofrem, atualmente, com diversos impactos antropogênicos negativos, incluindo a falta de um plano de manejo e um grave problema de regularização fundiária desde a sua criação (Fabricante *et al.*, 2014; Machado *et al.*, 2017; Pessis *et al.*, 2017; Silva & Fabricante, 2019). No atual contexto de governança experimentado pelo PNC – sem um Plano de Manejo, sem um Conselho Consultivo e sem um regimento adequado das atividades turísticas – as cavernas Meu Rei e Furna do Morcego devem ser vistas como locais com maior aptidão para a conservação e pesquisa, com a necessidade de mantê-las livres de impactos estruturais e de perturbação de suas colônias (Otálora-Ardila *et al.*, 2019). Nas *bat caves* Meu Rei e Furna do Morcego esforços de monitoramento ecológico de longo prazo envolvendo censos com sistemas automatizados de contagem e avaliação das condições térmicas desses abrigos vem revelando grande dinamicidade e apontando possíveis conexões entre essas cavernas. Mais além, os morcegos insetívoros do gênero *Pteronotus* (Chiroptera: Mormoopidae) que formam estas grandes colônias prestam serviços ecossistêmicos gratuitos e valiosos para a região, sobretudo no controle de populações de insetos voadores noturnos, pois consomem volumes significativos de insetos (Pimentel, 2021), incluindo espécies consideradas pragas agrícolas (Jordão, 2019).

Agradecimentos

Ao Coordenador do Programa Ecológico de Longa Duração, sítio Catimbau (PELD Catimbau), Dr. Marcelo Tabarelli, pelo suporte logístico

fornecido durante as atividades de campo no PNC. A Alessandro Fabiano de
 Oliveira (analista ambiental do ICMBio/CECAV), Darcy José dos Santos
 (analista ambiental do ICMBio/CECAV), José Yatagan Mendes de Freitas
 (técnico ambiental do ICMBio/CECAV/Base Avançada de Natal/RN), Genivaldo
 Constantino da Silva (guia do PNC), Clébio (guia da TIK) e Natanael (motorista
 do PNC) pela colaboração na coleta de dados em campo. A Gisela Livino de
 Carvalho (analista ambiental do ICMBio e chefe do PNC) pelo suporte e
 autorização para execução dos trabalhos na área. A Fundação Nacional do
 Índio (Funai) pela autorização fornecida para adentrar a TIK. Ao Diego de
 Medeiros Bento (analista ambiental do ICMBio/CECAV/Base Avançada de
 Natal/RN) pela cessão de dados e repasse das informações levantadas na
 primeira expedição de inventário espeleológico do PNC em 2014, e por todo o
 esforço em viabilizar as expedições de prospecção. A equipe do Laboratório de
 Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia
 da UFPE, pela ajuda em outras etapas do trabalho de campo. Ao Centro de
 Pesquisas Ambientais do Nordeste/CEPAN e a Anglo American Minério de
 Ferro S.A. pelo financiamento da pesquisa. E a Coordenação de
 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES pela concessão da
 bolsa de doutorado ao primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em
 Biologia Animal da UFPE. Enrico Bernard é bolsista de produtividade do CNPq.

Referências

- Ab'Sáber AN. 2003. Os Domínios de Natureza do Brasil: potencialidades
 paisagísticas. Ateliê Editorial, São Paulo.
- Accioly ACA, Moraes DMF. 2013. Programa Geologia do Brasil - PGB. Buíque.
 Folha SC.24-X-B-IV. Estado de Pernambuco. Carta Geológica e de Recursos
 Minerais. Recife: CPRM, 2013, 1 mapa, colorido, 91,78 x 67,26cm. Escala
 1:100.000.

- Albuquerque EMM, Ribeiro KT, Cariello MO, Oliveira D, Lacerda FS, Marini
MMG. 2017. A parceria CNPq-ICMBio na construção da chamada
CNPQ/ICMBio n 13/2011 – Pesquisa em unidades de conservação do bioma
caatinga. (Montovani, W, Monteiro RF, Anjos L, Cariello MO, orgs.). Edições
UFC, Fortaleza.
- Astúa D, Guerra DQ. 2008. Caatinga Bats in the mammal collection of the
Universidade Federal de Pernambuco. *Chiroptera Neotropical*, 14 (1): 326-338.
- Auler A, Piló ELB. 2011. Introdução à Espeleologia. Páginas 07 – 23 III Curso de
Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Instituto Terra Brasilis, Belo Horizonte
- Azevêdo IS, Bernard E. 2015. Avaliação do nível de relevância e estado de
conservação da caverna “Meu Rei” no PARNA Catimbau, Pernambuco. *Revista
Brasileira de Espeleologia*, 1 (5): 1-23.
- Bento, D. D. M., J. B. Cruz, D. J. dos Santos, J. I. Freitas, U. P. Campos,
and R. F. R. de Souza. 2013. Parque Nacional da Fuma Feia - o Parque
Nacional com a maior quantidade de cavernas no Brasil. Pp. 31–43 in ANAIS do
32º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Barreiras, Bahia. Sociedade Brasileira
de Espeleologia, Campinas, São Paulo.
- Brasil. 2002. Decreto de 13 de dezembro de 2002: Cria o Parque Nacional do
Catimbau, nos Municípios de Ibirimir, Tupanatinga e Buíque, no Estado de
Pernambuco, e dá outras providências. Brasília, Diário Oficial da República
Federativa do Brasil. CANIE/CECAV. 2019.
<http://www.icmbio.gov.br/Cecav/Canie.html>. Acesso em: 31/12/2019
- Brasil. 2005. CPRM (Companhia Brasileira de Produção Mineral). Diagnóstico dos
municípios de Águas Belas, Buíque, Itaíba, Pedra, Tupanatinga, Venturosa,
estado de Pernambuco. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água

subterrânea. In: Mascarenhas JC, Beltrão BA, PEREIRA SN, Miranda JLF (eds.). CPRM/PRODEEM, Recife.

Brasil. 2018. ICMBio/CECAV. Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas Cársticas da Bacia do Rio São Francisco - PAN Cavernas do São Francisco RELATÓRIO FINAL DA AÇÃO 11.4 Elaborar "Lista de Cavernas Turísticas", por meio de critérios definidos em oficina participativa. https://www.icmbio.gov.br/Cecav/images/stories/projetos-e-atividades/PAN/Relatorio_Final_PAN_Acao_11.4_12nov18.pdf

Brasil. 2019. Canie/Cecav (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas – Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas). Brasília. <<https://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>>. Acesso em: 20/07/2020.

Brasil. 2020a. ICMBio/MMA (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-Ministério do Meio Ambiente). Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro 2019. Brasília. <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/destaques/90anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro-2019.html>>. Acesso em: 06/08/2020.

Brasil. 2020b. IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional). Bancos de Dados – Patrimônio Arqueológico. <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1701/>>. Acesso em: 08/06/2020

Brasil. 2021. ICMBio/MMA (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-Ministério do Meio Ambiente). Unidades de Conservação – Caatinga: Parque Nacional do Catimbau. <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2135-parna-do-catimbau>>. Acesso em 28/02/2021.

Carvalho-Neto FG, Santos EM. 2012. Predação do roedor *Calomys* sp. (Cricetidae) pelo marsupial *Monodelphis domestica* (Didelphidae) em Buíque – PE, Brasil. Biotemas, 25 (3): 317-320.

Cunha AOB, Bezerra JDP, Oliveira TGL, Barbier E, Bernard E, Machado AR, Souza-Motta, CM. 2020. Vivendo no escuro: cavernas de morcegos como pontos críticos de diversidade de fungos. PLoS ONE 15 (12): e0243494.

Costa Filho WD, Demetrio JGA, Feitosa EC, Manoel Filho J. 2005. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro. Hidrogeologia da Bacia do Jatobá: Sistema aquífero Tacaratu/Inajá. Meta A. UFPE/CPRM/FINEP, Recife.

Fabricante FR, Araújo KCT, Ferreira JVA, Castro RA, Silva ACCP, Siqueira-Filho JA. 2014. Categorização do risco de extinção de *Dyckia limae* L. B. Sm. e *Tillandsia catimbauensis* Leme, W. Till & J. A. Siqueira por meio de critérios de distribuição geográfica. Biotemas, 27 (2): 203-207.

Ferreira JVA, Fabricante JR, Siqueira Filho JA. 2015. Checklist preliminar de Bromeliaceae do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil. Natureza On Line, 13 (2): 92-97.

FUNDAJ (Fundação Joaquim Nabuco). 2015. Relatório parcial da pesquisa - mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção integral da administração federal no bioma Caatinga: Parque Nacional do Catimbau. FUNDAJ/UFCG, Recife.

Gomes APS, Rodal MJN, Melo AL. 2006. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifolia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. Acta Botanica Brasilica, 20 (1): 37- 48.

Guimarães MM, Ferreira RL. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a conservação. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 2 (4): 1-33.

Guerra DQ. 2007. Chiroptera de Pernambuco: distribuição e aspectos biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 103p.

Jansen DC, Cavalcanti LF, Lamblém HS. 2012. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 2 (1): 42-57.

Jansen DC, Gomes M, Santos DJ, Cavalcanti LF. 2014. Mapa de vulnerabilidade natural do patrimônio espeleológico da região de abrangência do PAN cavernas do São Francisco. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 1 (4): 63-77.

Jordão ACSJ. 2019. Análise da dieta de morcegos insetívoros em ambientes cavernícolas através de metabarcoding de eDNA. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco. 76p.

Leal, ESB, Coelho AGM. 2019. Deoclécio de Queiróz Guerra Filho e as origens da Mastozoologia e Quiropterologia na região Nordeste do Brasil e no estado de Pernambuco. *Revista Nordestina de Zoologia*, 12 (1): 1-17.

Leal ESB., Ramalho, DF. 2021. First record of albinism in a mustached bat (Chiroptera, Mormoopidae) from South America. **Notas sobre Mamíferos Sudamericanos** 3, e21.3.1.

Lima FJC, Brasilino RG, Lages G. Projeto Alto Moxotó - Folha Custódia SC.24-X-A-III, Estado de Pernambuco: Carta Geológica-Geofísica. Recife: CP R M - Serviço Geológico do Brasil, 2018. 1 mapa colorido, 96,00 x 77,27cm. Escala 1:100.000.

Lobo HAS, Boggiani PC. 2013. Cavernas como patrimônio geológico. Boletim Paranaense de Geociências, 70: 190-199.

Machado CCC, Gonçalves CU, Albuquerque MB, Pereira EC. 2017. Protected areas and their multiple territorialities – a social and environmental reflection on Catimbau National Park – Brazil. Ambiente & Sociedade, 20 (1): 239-260.

Maia LC. 2014. Fungos do Parque Nacional do Catimbau. Recife: Editora UFPE, 2014. 52p.

Martin, G. 2005. As pinturas rupestres do Sítio Alcobaça, Buíque-PE, no contexto da Tradição Agreste. Clio-Série Arqueológica, 18: 1-23.

Medeiros RCS. 2013. Lista de cavernas turísticas em duas áreas prioritárias do PAN cavernas do São Francisco. Revista Brasileira de Espeleologia, 2(3): 1-11.

Melo JIM. 2012. Flora do Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Brasil: Boraginaceae *sensu lato*. Biotemas, 25 (4): 109-120.

Miranda EE. (Coord.). 2005. Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>.

Nascimento A, Alves C, Lima S. 1996. O sítio Alcobaça, Buíque, Pernambuco; primeiros resultados. Clio-Série Arqueológica, 11: 87-98.

Neumann VHM, Miranda TS. Programa Geologia do Brasil. Levantamentos Geológicos Básicos - Folha Poço da Cruz – SC.24-X-A-VI, Estado de Pernambuco. Carta Geológica-Geofísica. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2016. Escala 1:100.000.

Oliveira-Galvão ALC. 2014. A base de dados geoespacializados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – CECAV. Revista Brasileira de Espeleologia 1(4): 52-62.

Otálora-Ardila A, Torres JM, Barbier ES, Pimentel NT, Leal ESB, Bernard E. 2019. Species richness and abundance variation in a bat cave in Brazil's Caatinga drylands. Acta Chiropterologica, 21 (2): 411-423.

Pessis AM, Cisneiros D, Mutzenberg D, Martin G, Lavalle H. 2017. Caracterização dos sítios pré-históricos com grafismos rupestres no estado de Pernambuco, Brasil. Clio– Série Arqueológica, 32 (1): 165-188.

Pimentel NT. 2021. A contribuição dos morcegos no *input* de energia na forma de guano para *bat caves* na Amazônia e semiárido nordestino. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Pernambuco. 97p.

Pinto-da-Rocha R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). Papéis Avulsos de Zoologia, 39 (6): 61–163.

Pontes HS, Massuqueto LL, Foltran AC, Pontes FS, Guimarães GB, Mochiutti NFB, Guimarães SK, Burgardt S, Vale TF, Feitosa NMN. 2018. Patrimônio Espeleológico do Parque Nacional dos Campos Gerais: Ações prioritárias para o manejo e propostas de ampliações da Unidade de Conservação. Ponta Grossa: Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE. 61p + Anexos.

Rodal MJN, Andrade KVA, Sales MF, Gomes APS. 1998. Fitossociologia do componente lenhoso de um refúgio vegetacional no município de Buíque, Pernambuco. Revista Brasileira de Biologia, 58 (3): 517-526.

- 901 Santos CA, Accioly ACA. 2010. Programa Geologia do Brasil - PGB. Projeto
902 Folha Sertânia - Folha SC.24-X-B-I. Estado de Pernambuco. Carta Geológica e
903 de Recursos Minerais. Recife: CPRM, 2010. Escala 1:100.000
904
- 905 Santos DR, Gomes M, Fonseca SN, Costa FN, Timbó MAE. 2016. Inventário
906 preliminar do Patrimônio Espeleológico do Parque Nacional das Sempre Vivas.
907 Caderno de Geografia, 26 (46): 486-506.
908
- 909 Santos HG, Carvalho Júnior W, Dart RO, Aglio MLD, Sousa JS, Pares JG,
910 Fontana A, Martins ALS, Oliveira AP. 2011. O Novo Mapa de Solos do Brasil –
911 Legenda Atualizada escala 1:5.000.000. EMBRAPA Solos.
912
- 913 Sarfati G, Sano NN. 2012. Estudo Comparado da Gestão das Visitações nos
914 Parques Estaduais Turísticos do Alto da Ribeira (PETAR) e intervalos (PEI).
915 Turismo em Análise, 23 (1): 207-237.
916
- 917 Silva FO, Fabricante JR. 2019. Invasão Biológica no Parque Nacional do
918 Catimbau, Pernambuco, Brasil. Revista de Ciências Ambientais, 13 (2): 17-26.
919
- 920 Silva Júnior ED. 2013. Levantamento do potencial geoturístico do Parque Nacional
921 do Catimbau-PE. como subsídio para criação de um futuro geoparque.
922 Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco,
923 Brasil.
924
- 925 Silva MJ, Neves CP, Ramos TPA, Pinto MP, Lima SMQ. 2017. Efetividade das
926 Unidades de Conservação para ictiofauna das bacias hidrográficas envolvidas na
927 transposição do Rio São Francisco. In: Montovani W, Monteiro RF, Anjos L,
928 Cariello MO (Orgs.). Pesquisas em Unidades de Conservação no domínio da
929 Caatinga – Subsídios a gestão. Edições UFC, Fortaleza.
930
- 931 SNE (Sociedade Nordestina de Ecologia). 2000. Projeto Técnico para a Criação
932 do Parque Nacional do Catimbau/PE – versão final, em cumprimento ao Contrato

n ° 086-00/02, Subprojeto “Proposta para Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE”. 151p.

Solari A, Silva SFSM. 2017. Sepultamentos secundários com manipulações intencionais no Brasil: um estudo de caso no sítio arqueológico Pedra do Cachorro, Buíque, Pernambuco, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 12(1): 135-155.

Sousa AEBA, Lima D, Lyra-Neves RM. 2012. Avifauna of the Catimbau National Park in the brazilian state of Pernambuco, Brazil: species richness and spatio-temporal variation. Revista Brasileira de Ornitologia, 20 (3):230-245.

Souza TF. 2016. Pinturas rupestres e paisagem: um estudo de caso das representações zoomórficas do Vale do Catimbau – PE. Dissertação (Mestrado em Arqueologia). Universidade Federal de Pernambuco. 179p.

SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste). 1990. Dados pluviométricos mensais do Nordeste. SUDENE, Recife.

Tibiriça LG. 2013. Espeleologia e Turismo: um longo caminho para a conservação. Ateliê Geográfico, 7 (3): 134-148.

Velloso AL, Sampaio EVSB, Pareyn FGC. 2002. Ecorregiões: Propostas para o bioma Caatinga. PNE Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental, The Nature Conservancy do Brasil, 76p.

Vital MTAB, Santos FAR, Alves M. 2008. Diversidade Palinológica das Convolvulaceae do Parque Nacional do Catimbau, Buíque, PE, Brasil. Acta Botanica Brasilica, 22 (4): 1163-1171.

964 UFPE (Universidade Federal de Pernambuco). 2020. Kapinawá.
965 <<https://www.ufpe.br/nepe/povos-indigenas/kapinawa>>. Acesso em: 10/05/2020.

MORCEGOS CAVERNÍCOLAS DO CARSTE ARENÍTICO DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU, NORDESTE DO BRASIL

Edson Silva Barbosa Leal ^{1,2} e Enrico Bernard ²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, PE, Brasil [Correspondente: Edson Silva Barbosa Leal: edson.leal76@gmail.com]

² Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, PE, Brasil

Título curto: MORCEGOS CAVERNÍCOLAS DO CATIMBAU

Abstract: The Brazilian Caatinga has a high speleological potential and a rich bat fauna, being a priority region for studies and inventories on cave dwelling-bats. Here, we present the first species' list of cave dwelling-bats of the sandstone karst of the Catimbau National Park, in Pernambuco, Northeastern Brazil. Samplings in 53 caves resulted in 16 taxa and 13 genera of bats of the families Phyllostomidae, Mormoopidae, Natalidae, Furipteridae and Emballonuridae. Populations of four endangered species (*Furipterus horrens*, *Lonchorhina aurita*, *Xeronycteris vieirai*, and *Natalus macrourus*) were located in eight caves, including two bat caves holding exceptionally large bat populations. *Lonchophylla inexpectata* was recorded for the first time in caves. Both the local speleological potential and the bat species richness were not completely investigated, pointing out that new colonies and species may still be recorded in the studied area. Besides the scientific contribution, our data can be useful for a future management plan for the Catimbau National Park and can also contribute to set some ordering in the existing speleotourism in the area.

Key words: Brazilian Caatinga, Catimbau National Park, cave dwelling-bats, protected areas, sandstone caves, speleology.

Resumo: Cave-Dwelling bats in the arenitic karst of the Catimbau National Park, in Northeastern Brazil. A Caatinga do Brasil tem um alto potencial

espeleológico e uma rica fauna de morcegos, sendo uma região prioritária para estudos e inventários sobre morcegos cavernícolas. Apresentamos aqui a primeira lista de espécies de morcegos cavernícolas do carste arenítico do Parque Nacional

do Catimbau, em Pernambuco, no Nordeste do Brasil. Em 53 cavidades foram registrados 16 táxons e 13 gêneros de morcegos das famílias Phyllostomidae, Mormoopidae, Natalidae, Furipteridae e Emballonuridae. Populações de quatro espécies ameaçadas (*Furipterus horrens*, *Lonchorhina aurita*, *Xeronycteris vieirai* e *Natalus macrourus*) foram localizadas em oito cavernas, incluindo duas *bat caves* que abrigam populações excepcionais de morcegos. *Lonchophylla inexpectata* foi registrada em cavernas pela primeira vez. Tanto o potencial espeleológico quanto a riqueza de espécies locais não foram completamente amostrados, indicando que novas colônias e espécies ainda podem ser registradas na área estudada. Além da contribuição científica, nossos dados podem ser úteis para um futuro Plano de Manejo para o Parque Nacional do Catimbau, e também podem contribuir para algum ordenamento do espeleoturismo na área.

Palavras-Chave: áreas protegidas, Caatinga, cavernas de arenito, espeleologia, morcegos cavernícolas, Parque Nacional do Catimbau.

INTRODUÇÃO

Apesar da alta riqueza e abundância de morcegos cavernícolas relatadas para algumas áreas cársticas na região Neotropical (Trajano, 1985; Bredt et al., 1999; Siles et al. 2007; Rodríguez-Durán 2009; Torres-Flores et al. 2012; Devela & Chaverri, 2018; Vargas-Mena et al. 2018a,b; Otálora-Ardila et al. 2019; Barros et al. 2021), grandes lacunas amostrais ainda existem para a maior parte da região. No Brasil, 73 das 181 espécies de morcegos conhecidas para o país usam cavernas como abrigos principais ou alternativos (Guimarães & Ferreira 2014; Oliveira et al. 2018; Torres & Bichuette 2019; Garbino et al. 2020). Numa primeira e extensa revisão do conhecimento disponível sobre morcegos cavernícolas brasileiros, Guimarães & Ferreira (2014) levantaram 269 cavernas pesquisadas para morcegos, distribuídas em 19 estados e quatro biomas terrestres. Posteriormente, Oliveira et al. (2018) apontaram 247 cavernas pesquisadas no país e identificaram uma estagnação de trabalhos relativos a morcegos cavernícolas, bem como uma elevada heterogeneidade na distribuição da abundância e riqueza de morcegos cavernícolas. Estes autores ainda apontaram uma correlação positiva entre riqueza e número de estudos conduzidos em cada estado brasileiro, mas não em relação ao número de

cavidades existentes nestes, reforçando a percepção de que muito ainda há para se pesquisar nos estados com alto potencial espeleológico.

Os bancos de dados oficiais sobre cavernas identificadas no Brasil apontam cerca de 21.500 cavidades (Brasil 2020a). Mas estes valores tendem a aumentar nas próximas décadas, uma vez que estimativas apontam a ocorrência de 310.000 cavidades no país (Auler & Piló 2011). Considerando que menos de 1,5% das cavidades identificadas no Brasil foram pesquisadas para morcegos, prevalece no país a necessidade de preencher lacunas básicas de informações a respeito da associação morcegos e cavernas, como quais espécies podem ser registradas nestes ambientes, suas associações interespecíficas, frequência de uso das cavidades, e abundância nestes ambientes.

Existem extensas áreas cársticas identificadas na região semiárida brasileira (Jansen et al. 2012), e cerca de 100 espécies de morcegos são registradas para o bioma Caatinga (Silva et al. 2018). De fato, a Caatinga é apontada como uma área prioritária para estudos e inventários de morcegos cavernícolas e cavernas. Na Caatinga, algumas de suas unidades de conservação estão localizadas em áreas com elevado potencial espeleológico (Jansen et al. 2012), mas as informações disponíveis sobre morcegos associados a cavernas dentro de seus limites são escassas e bastante pontuais (Uieda et al. 1980; Gregorin et al. 2008; Sbragia & Cardozo, 2008; Silva & Ferreira 2009; Novaes, 2012; Vargas-Mena et al. 2018a,b; Feijó & Rocha, 2017). Problemas crônicos de gestão e falta de orçamento, e a frequente falta de planos de manejos para estas áreas agravam as poucas iniciativas de pesquisa e conservação nestas áreas (Fonseca et al. 2017; Oliveira & Bernard 2017; Brasil 2020b).

Nesse contexto, o Parque Nacional do Catimbau (daqui por diante PARNA do Catimbau) representa uma área protegida que urge por informações sobre morcegos cavernícolas, pois se destaca como um polo de cavernas areníticas no semiárido brasileiro, com um elevado potencial espeleológico e turístico (SNE 2002; FUNDAJ 2015). Desde a sua criação, em 2002, essa área protegida passa por marcados conflitos territoriais e socioambientais – agravados pela falta de um Plano de Manejo – que de alguma forma impactam a biota local e seus patrimônio espeleológico (SNE 2002; Silva & Maia 2008; Azevêdo & Bernard, 2015; Machado et al. 2017; Pessis et al. 2017). Existe um turismo na região (Silva & Maia 2008), que envolve visita

cavernas (SNE, 2002), e que pode impactar negativamente cavidades de grande relevância e carentes de proteção (Azevêdo & Bernard 2015).

O objetivo geral deste estudo foi, através de dados primários e secundários, identificar a composição e riqueza de morcegos associados às cavidades naturais subterrâneas do PARNA do Catimbau e de sua respectiva Zona de Amortecimento. Em específico, identificamos ainda cavidades habitadas por espécies ameaçadas e ou populações de excepcional tamanho, sensíveis a impactos antropogênicos e que merecem atenção e esforços de conservação, e contribuimos com a discussão sobre a necessidade do regramento do espeleoturismo e de proteção de cavernas relevantes e sua fauna associada. Nossos resultados contribuem para a ampliação do conhecimento sobre ocorrência e distribuição de espécies de morcegos nas áreas protegidas da Caatinga, fornecem dados sobre a fauna subterrânea da região, e contribuem com informações úteis na elaboração do Plano de Manejo do PARNA do Catimbau, inexistente até o presente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O PARNA do Catimbau abrange parte dos municípios de Buíque, Tupanatinga e Ibimirim, estado de Pernambuco, região nordeste do Brasil (8°24' e 8°36'S e 37°09' e 37°14'W – Fig. 1 e 2) (SNE 2002). Criado pelo Decreto nº 4.320, em 13 de dezembro de 2002 (Brasil 2002), essa área protegida representa uma das 26 unidades de conservação federais no bioma Caatinga (Albuquerque et al. 2017; Boff 2018). Possui cerca de 62.300 ha e uma zona de amortecimento com 10 km de largura estabelecida conforme Resolução 13/90 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Machado et al. 2017). Essa área de entorno engloba a Terra Indígena Kapinawá, com 12.403 hectares, regularizada pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e uma população de 2.500 indígenas distribuídos em 30 aldeias (Andrade & Dantas 2017; Andrade 2020). O PARNA do Catimbau e sua Zona de Amortecimento estão situados em um extenso carste arenítico desenvolvido principalmente sobre os arenitos das formações Tacaratu e Inajá (grupo Jatobá) (SNE 2002; FUNDAJ, 2015). Muito pouco pesquisado do ponto de vista científico, esse polo arenítico apresenta, segundo estimativas, mais de 2.000 cavidades naturais subterrâneas (Carvalho-Neto

& Santos 2012; Maia 2014). Destas, pouco mais de 200 foram identificadas (Brasil 2020a) no PARNA, e apenas quatro foram investigadas para morcegos (Astúa & Guerra, 2008; Pinto-da-Rocha 1995; Guimarães & Ferreira 2019; Otálora-Ardila et al. 2019; Leal & Ramalho 2021).

A área do PARNA não passou por processo de desapropriação e há centenas de residentes em seu interior. Tal situação resulta em diversas pressões antrópicas na forma de construção assentamentos humanos, corte ilegal e seletivo de madeira para obtenção de lenha e outros fins, colheita de plantas medicinais, plantio de culturas de subsistência, pecuária extensiva (caprinos, bovinos, ovinos, equinos, asininos), caça predatória, visitação turística desordenada, presença de animais domésticos (cães, gatos), desmatamento e incêndios florestais para “limpeza” de novas áreas destinadas a cultivos e pastagens (SNE 2002; Sousa et al. 2012; FUNDAJ 2015; Alves et al. 2020).

Inventário de Dados Secundários

Foram realizadas buscas por dados de ocorrência de espécies de morcegos no PARNA nas seguintes fontes: (1) bases de dados online – Rede Specieslink (www.splink.org.br), Global Biodiversity Information - GBIF (www.gbif.org), Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira - SIBBr (www.sibbr.gov.br), Vertnet (www.vertnet.org), e no Portal da Biodiversidade - PortalBio (www.portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br), utilizando-se o pacote “Spocc” do Software R (R Core Team, 2017); (2) periódicos científicos, capítulos de livros, livros e literatura cinza (monografias, dissertações e teses) através de portais online (Google Acadêmico, Scielo, Google Scholar, Periódicos da Companhia de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES], Web of Science), utilizando-se para isso as seguintes palavras-chave em português e inglês, isoladas e/ou combinadas: “bats”, “morcegos”, “chiroptera”, “cavernas”, “caves”, “bat caves”, “Catimbau”, “National Park” e “Pernambuco”.

Coleta de Dados em Campo sobre Morcegos

Foram realizadas duas expedições de campo para prospecção de cavidades naturais subterrâneas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV/ICMBio), de 14 a 24 de Novembro de 2014, e de 25 de Novembro a 07 de Dezembro de 2019, focadas em inventário de cavernas dentro do PARNA e na sua Zona de Amortecimento. Na segunda expedição houve maior ênfase no inventário de morcegos. Quando constatada a presença de agrupamentos e/ou colônias de morcegos nas cavidades, alguns espécimes foram capturados com rede-de-mão para fins de identificação específica. Algumas das cavidades apontadas com presença de morcegos e guano recente na primeira expedição foram visitadas novamente na segunda expedição para fins de identificação das espécies e possível captura de indivíduos com rede-de-mão. Carcaças de morcegos encontradas foram recolhidas para análise de caracteres craniais e dentários em laboratório na UFPE. Identificações de espécies em campo foram feitas pelo primeiro autor, considerando caracteres diagnósticos observáveis em campo (Gardner 2007; Díaz et al. 2016), incluindo fotodocumentação das espécies avistadas e/ou capturadas. Os morcegos foram capturados e manuseados em campo seguindo as orientações do American Society of Mammalogists (Sikes et al. 2016). Todos os procedimentos foram aprovados em setembro de 2018 pelo Comitê de Ética no Uso de Animais - CEUA da UFPE (processo 0011/2018), e SISBIO (62738-1).

A nomenclatura e a classificação taxonômica das espécies seguiram Garbino et al. (2020). O status de conservação foi avaliado seguindo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (Brasil 2018) e a *Red List* da *International Union for Conservation Nature* – IUCN (www.redlist.org). A classificação quanto ao tipo de uso feito pelas espécies de morcegos em relação às cavernas, e ao hábito alimentar predominante seguiram Guimarães & Ferreira (2014) e Tavares et al. (2012), respectivamente. Coordenadas geográficas das cavidades com presença de morcegos foram tomadas, bem como suas dimensões básicas (desenvolvimento linear - DL, largura da entrada – LG, e altura da entrada - AL), variáveis geralmente associadas à riqueza de espécies de morcegos em cavernas (Trajano & Bichuette 2006; Torquetti et al. 2017).

RESULTADOS

Dados pretéritos de morcegos em cavernas no PARNA do Catimbau

O registro mais antigo de um morcego capturado em cavernas na região é do nectarívoro *Lonchophylla mordax* Thomas, 1903, registrada na caverna Furna do Gato, na década de 1970 (Sazima et al. 1978; Astúa & Guerra 2008; Leal & Coelho 2019; Rede Specieslink 2020). Esse registro, juntamente com o hematófago *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810), realizado na caverna Furna da Onça, em 1995 (Pinto-da-Rocha 1995), permaneceram como os únicos formais sobre morcegos cavernícolas para a região até 2014. A partir desse ano, pesquisas envolvendo a caverna Meu Rei passam a ser publicadas (Azevêdo & Bernard, 2015; Ito et al., 2016; Delgado-Jaramillo et al., 2017; Barbier et al., 2018; Muñoz-Leal et al. 2018; Guimarães & Ferreira, 2019; Otálora-Ardila et al. 2019; Barbier et al. 2020; Cunha et al., 2020) elevando para 11 o número de espécies de morcegos cavernícolas registradas no PARNA do Catimbau, incluindo duas consideradas ameaçadas de extinção no Brasil: *Lonchorhina aurita* Tomes, 1863, e *Natalus macrourus* (Gervais, 1856), ambas na categoria Vulnerável.

Inventário Espeleológico

Após duas expedições de prospecção espeleológica e aproximadamente 353 Km de caminhamentos no PARNA e Zona de Amortecimento foram avistados e/ou capturados morcegos em 53 de 120 cavidades visitadas na região em 2019 (Tab. 1). Destas, 39 são cavernas e 24 são abrigos sob rocha. Todas estão localizadas dentro da área poligonal delimitadora do PARNA do Catimbau, com exceção dos abrigos do Puiú e Vale do Cigano, que estão situados na Zona de Amortecimento (Tab. 1). Em apenas 14 cavidades os avistamentos e/ou capturas de morcegos permitiram a identificação até o nível de espécie em campo (Tab. 1). Um total de 16 taxa foram registrados, sendo quatro destes novos registros para o ambiente subterrâneo do PARNA: *Artibeus planirostris* (Spix, 1823), *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828), *Lonchophylla inexpectata* Moratelli & Dias, 2015, e *Xeronycteris vieirai* Gregorin & Ditchfield, 2005 (Tab. 1). O registro de *L. inexpectata* usando cavernas como abrigo foi realizado através de recolhimento e identificação de uma carcaça encontrada na Furna do Letreiro Prateado, onde outros espécimes foram observados vivos coabitando essa caverna com outras espécies (*D. rotundus* e *Peropteryx* spp.). Entre

os novos registros de morcegos para as cavernas, apenas *F. horrens* não havia sido registrada previamente no ambiente epígeo do PARNA. Esse registro eleva para 36 espécies a riqueza de morcegos do PARNA do Catimbau, sendo 13 com hábitos cavernícolas (Tab. 2)

Entre os 16 taxa registrados, a família Phyllostomidae foi representada por 11 espécies, seguida das famílias Mormoopidae (duas), Emballonuridae, Natalidae e Furipteridae, com uma espécie cada. Dentro de Phyllostomidae, a subfamília Lonchophyllinae está representada por três espécies; Desmodontinae e Glossophaginae com duas espécies cada; e Phyllostominae, Stenodermatinae, Lonchorhininae e Carolliinae com uma espécie cada. Quanto ao hábito alimentar foram encontrados nectarívoros e insetívoros aéreos, com cinco espécies cada, seguidos de hematófagos, frugívoros e insetívoros catadores, com duas espécies cada (Tab. 2).

Cavernas notáveis

As cavernas identificadas com maior número de espécies de morcegos foram Meu Rei (10 espécies; classificada como de elevada riqueza), Furna do Gato (6 spp.; média riqueza), Furna de Mané Bento (5 spp.; média riqueza), e Furna do Morcego (5 spp.; média riqueza) (Tab. 1; Fig. 4). Esta última caverna foi identificada como uma *bat cave*, e vem sendo alvo de monitoramento sistemático desde 2017 pelo Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade da UFPE. Nove cavernas se destacam por apresentarem características notáveis em dimensões e/ou presença de colônias de morcegos com tamanho excepcional (incluindo espécies ameaçadas): Furna do Gato, Furna do Morcego, Furna de Mané Bento, Caverna Meu Rei, Caverna Vermelha, Caverna da Juriti, Caverna Boca de Peixe, Caverna do Uilson e Caverna Três Juazeiros (Fig. 4). Cinco cavidades com extensão de 30 a 70 m (Furna do Letreiro Prateado, Caverna do Uilson, Furna do Walmir, Arco do Brejo de São José) apresentaram baixa riqueza em comparação com a Furna do Morcego, de 43 m de extensão, e a Meu Rei, com 162 m (Tab. 1).

Perfil das espécies de morcegos cavernícolas e ameaçadas de extinção

Sete espécies de morcegos registradas usam cavernas como abrigo principal, sendo essencialmente cavernícolas [*Diphylla ecaudata* Spix, 1823, *L. aurita*, *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, *Pteronotus gymnonotus* Natterer, 1843, *Pteronotus personatus* (Wagner, 1843), *F. horrens*, *N. macrourus*] e outras seis espécies usam cavernas como abrigo alternativo e são ocasionalmente cavernícolas [*D. rotundus*, *Tonatia bidens* (Spix, 1823), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *L. mordax*, *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), *A. planirostris*] (Tab. 2). *Peropteryx* sp. foi o táxon mais registrado em cavidades, seguido de *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *C. perspicillata* e *G. soricina* (Tab. 2). A espécie nectarívora *A. geoffroyi* foi aqui registrada coabitando a caverna Juriti com outra espécie do mesmo grupo trófico, *X. vieirai*. Na caverna do Uilson, *A. geoffroyi* foi a única espécie registrada e teve a sua colônia estimada em mais de 2.000 indivíduos, observados abrigados no fundo da cavidade junto à claraboias.

Quatro espécies registradas (*L. aurita*, *F. horrens*, *N. macrourus*, e *X. vieirai*) estão classificadas na categoria “Vulnerável” na Lista de Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção; pela *Red List* da IUCN duas (*L. mordax*, *N. macrourus*) aparecem como “Quase Ameaçadas” e, outras duas (*T. bidens* e *X. vieirai*) como “Deficientes em Dados” (Tab. 2).

DISCUSSÃO

Comparativo da composição e riqueza de morcegos no PARNA do Catimbau com outras áreas naturais e cársticas

Com 36 espécies de morcegos identificadas, o PARNA do Catimbau abriga cerca de 20% da riqueza de espécies de morcegos conhecida no Brasil (181 espécies; Garbino et al. 2020), 52% da riqueza registrada na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (71 espécies; Paula et al. 2011), 37% da riqueza registrada para o bioma Caatinga (96 espécies; Silva et al. 2018), e 43% daquela registrada para o estado de Pernambuco (86 espécies; Silva et al. 2020).

A riqueza de morcegos do PARNA do Catimbau aproxima-se daquela registrada na Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada do Araripe (46 espécies), e é maior do que as registradas no PARNA da Serra das Confusões (27

espécies), Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba (26 espécies), PARNA Serra da Capivara (20 espécies), e ESEC do Seridó (20 espécies) (Material Suplementar).

Apenas seis outras UCs federais da Caatinga possuem registros de morcegos em cavernas: PARNA da Furna Feia (12 espécies nas Cavernas Furna Nova, Porco do Mato 1, Pedra Lisa e Furna Feia; Vargas-Mena et al. 2018a,b; Bernard et al. 2020), ESEC de Aiuaba (oito espécies na Gruta do Sobradinho; Feijó & Rocha 2017), APA da Chapada do Araripe (quatro espécies na Gruta do Farias/Arajara Park; Novaes 2012; Bernard et al. 2020), PARNA de Ubajara (sete espécies na Gruta do Tião, Gruta do Morcego Branco e Gruta de Ubajara; Uieda et al. 1980; Trajano 1987; Silva et al. 2001; Silva & Ferreira 2009), PARNA da Serra das Confusões (uma espécie na Caverna das Andorinhas; Gregorin et al. 2008), e PARNA da Chapada Diamantina (uma espécie na Caverna da Lapinha; Sbragia & Cardozo, 2008). Diante da escassez de informações disponíveis, o PARNA do Catimbau tem o maior número de cavernas pesquisadas para morcegos entre as UCs da Caatinga. As áreas cársticas com elevado potencial espeleológico localizadas no interior e proximidades de outras UCs federais na Caatinga devem ser prioritárias para inventários em um futuro próximo. O baixo número de espécies e cavernas amostradas demonstra a necessidade de intensificação dos estudos e pesquisas nessas áreas protegidas da Caatinga, uma vez que algumas destas unidades (PARNA de Ubajara/CE, PARNA da Furna Feia/RN, APA Chapada do Araripe/CE) tiveram como objetivos de criação proteger o patrimônio espeleológico local (Cavalcanti et al. 2012; Bento et al. 2013; Vargas-Mena et al. 2018a). Em outras UCs, como no próprio PARNA do Catimbau, embora a proteção de cavernas não seja o foco da criação, a existência desses elementos é apresentada como atributo de destaque e, portanto, estas cavidades merecem atenção especial (SNE 2002).

Espécies e populações de morcegos cavernícolas no PARNA do Catimbau

Apesar dos 16 taxa registrados em 53 cavidades, o potencial espeleológico estimado para o PARNA do Catimbau, superior a 2.000 cavidades (Carvalho-Neto & Santos 2012; Maia 2014), aponta que a riqueza de morcegos cavernícolas pode ser mais alta. Espécies como *Micronycteris minuta* (Gervais, 1856), *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818), *Artibeus obscurus* (Schinz, 1821), *Platyrrhinus lineatus* (Geoffroy,

1810), *Sturnira lilium* (É. Geoffroy, 1810), *Noctilio leporinus* (Linnaeus, 1758), *Promops nasutus* (Spix, 1823) e *Lasiurus blossevillii* Lesson & Garnot, 1826, registradas usando cavernas no Brasil (Guimarães & Ferreira 2014; Oliveira et al. 2018) e no meio epígeo do PARNA do Catimbau (Silva & Bernard, 2017; Barbier et al. 2018) podem ainda ser registradas com a continuidade do inventário espeleológico na região integrado a atividade de levantamento de morcegos cavernícolas.

As espécies *P. gymnonotus* e *P. personatus*, consideradas típicas de *bat caves* e *hot caves* no Neotrópico (Rocha et al. 2011; Feijó & Rocha 2017; Otálora-Ardila et al. 2019; Pavan 2019; Pavan & Tavares 2020) foram encontradas apenas nas cavernas Meu Rei, localizada dentro do PARNA, e Furna do Morcego, na sua divisa com a Terra Indígena Kapinawá (Tab. 2). Estas cavidades foram identificadas como *bat caves* em estudos recentes (Azevêdo & Bernard 2015; Otálora-Ardila et al. 2019; Leal & Ramalho, 2021).

O registro de *F. horrens*, aqui realizado pela primeira vez para o PARNA do Catimbau, na Caverna Boca do Peixe e no Abrigo da Quixabeira, amplia a distribuição conhecida desta espécie em direção à parte central do estado de Pernambuco (Leal et al. 2014). Registros pretéritos apontavam a ocorrência de *F. horrens* em ambiente de Mata Atlântica, na Reserva Biológica de Saltinho, município de Rio Formoso (a aproximadamente 279 km; Bonato & Facure 2000), e também em algumas áreas de Caatinga nos municípios de Exu (a cerca de 250 Km; Mares et al. 1981) e Brejo da Madre de Deus (distante cerca de 152 Km; Sousa et al. 2004; Astúa & Guerra 2008). Os registros na Furna do Caboclo, no município de Brejo da Madre de Deus (Guerra 2007), e no Abrigo da Quixabeira e a Caverna Boca de Peixe (presente estudo) representam agora as únicas cavernas com presença de *F. horrens* em Pernambuco.

O encontro neste estudo de pequenas populações de *L. aurita* na Furna do Gato e Furna de Mané Bento ampliam para quatro o número de abrigos dessa espécie ameaçada identificados em Pernambuco (Leal et al. 2018). Especial atenção deve ser dada para a adoção de medidas protetivas desses abrigos, visto que a Furna do Gato apresenta-se bastante impactada com sinais de vandalismo (pichação, deposição de lixo e utilização de fogo para desalojamento de morcegos) e a Furna de Mané Bento abriga uma grande colônia de morcegos hematófagos *D. rotundus*. Nesta última cavidade, relatos de ataques de morcegos hematófagos aos

animais de criação relatados por moradores locais podem resultar no extermínio ilegal desta colônia (e.g. Mayen 2003), comprometendo a sobrevivência das pequenas populações de *L. aurita*.

Na caverna Juriti, destacamos a atividade reprodutiva observada da pequena colônia de *X. vieirai*. Dada a escassez de dados reprodutivos sobre essa espécie, endêmica e considerada ameaçada no Brasil (Cordero-Schmidt et al. 2017; Brasil 2018), essa caverna pode ser um importante sítio para obtenção de mais dados reprodutivos na Caatinga. Os dados disponíveis sobre uso de abrigos para *X. vieirai* são ainda escassos para classificá-la como essencialmente cavernícola ou cavernícola ocasional, uma vez que apenas recentemente houve registros dessa espécie usando cavernas como abrigo (Oliveira et al. 2018; Gomes et al. 2018).

Para *L. inexpectata*, uma espécie endêmica da Caatinga (Moratelli & Dias 2015; Silva et al. 2018), e identificada aqui na Furna do Letreiro Prateado, também não há registros pretéritos na literatura sobre o uso de habitats subterrâneos (Guimarães & Ferreira 2014; Oliveira et al. 2018). No entanto, o registro de uso de cavidades naturais subterrâneas por outras espécies de Lonchophyllinae no Brasil (Reis et al. 2017) evidencia que *L. inexpectata* poderia seguir o mesmo padrão de uso de abrigo.

A caverna do Uilson abriga uma colônia com cerca de 2.000 indivíduos de *A. geoffroyi*. Registros pretéritos em outras áreas cársticas brasileiras também já apontaram colônias com várias centenas de indivíduos dessa espécie nectarívora (e.g. Trajano 1985). Considerando o importante papel que morcegos nectarívoros têm na polinização de várias espécies vegetais da Caatinga (e.g. Machado & Lopes 2002, 2004; Gomes et al. 2018), as cavernas da Juriti e do Uilson podem ser alvos potenciais de estudos ecológicos focados na quiropterofilia, e, esta última, por conter uma grande população de *A. geoffroyi*, apresenta elevado valor para conservação.

Bat caves: relevância e necessidade de proteção

As cavernas Meu Rei e Furna do Morcego caracterizam-se como *bat caves*, i.e., cavernas que abrigam populações excepcionais de morcegos, superiores a dezenas de milhares de indivíduos (Ladle et al. 2012; Otálora-Ardila et al. 2019). Entre as *bat caves* localizadas em unidades de conservação da Caatinga, a Gruta Sobradinho, na ESEC de Aiuaba, Ceará, e a Furna Feia, no PARNA da Furna Feia,

Rio Grande do Norte, estão em litologia carbonática, enquanto que a Gruta do Farias, na APA Chapada do Araripe, Ceará, e as cavernas Meu Rei e a Furna do Morcego estão em litologia arenítica. Destas cinco, a Meu Rei é a aquela que apresenta maior extensão (162,5 m) e é a mais estudada, abrigando em determinados momentos cerca de 119.000 morcegos em seu interior (Otárola-Ardila et al. 2019).

Bat caves são classificadas como tendo máxima relevância conservacionista (Brasil 2017) e deveriam gozar de proteção integral. A Furna do Morcego encontra-se em uma situação delicada, pois não há consenso se ela está de fato dentro dos limites do PARNA do Catimbau, ou na Terra Indígena Kapinawá. Embora seu acesso seja por esta última, ela não conta com nenhum tipo de proteção; em seu entorno estão plantações irrigadas de espécies frutíferas exóticas, com uso frequente e não controlado de produtos químicos, e criações de animais, ambos para comércio local e subsistência.

As cavernas Meu Rei e Furna do Morcego são, até o momento, as únicas *bat caves* identificadas em Pernambuco, e são locais importantes para estudos de ecologia e biologia de *P. gymnonotus* e *P. personatus*, uma vez que existem apenas registros pontuais de morcegos mormoopídeos na maior parte do estado (Mares et al. 1981; Cruz et al. 2002). Por abrigarem números elevados de indivíduos em seus interiores – majoritariamente morcegos insetívoros do gênero *Pteronotus* – além da relevância conservacionista, estas cavernas prestam serviços de ecossistema, especialmente aqueles relacionados ao controle de populações de insetos. Ortega (2005) registra que uma única colônia de *Pteronotus parnellii* (Gray, 1843), no México, composta de 600.000 indivíduos, pode consumir entre 1.900 e 3.000 kg de insetos por noite. Isso reforça o volume de insetos que pode ser consumido pelos morcegos nas cavernas Meu Rei e Furna do Morcego.

A necessidade de regramento do espeleoturismo na região

O uso das cavernas – e em especial das *bat caves* – como equipamentos de visitação turística deve ser visto com bastante cautela. Movimentações frequentes de morcegos entre determinadas cavernas podem configurá-las como formando uma unidade de habitat, de modo que impactos negativos em caverna podem ter consequências danosas para outra ou para a população como um todo (Trajano

2013). No caso das *bat caves*, uma visitação descontrolada pode afetar essas grandes congregações, que são sensíveis às perturbações, e os morcegos podem deixar o local dependendo do tipo, frequência e intensidade de atividade conduzida no interior da caverna. Na caverna Meu Rei a visitação desordenada e o vandalismo já foram identificados como ameaças por Azevêdo & Bernard (2015). Na Furna do Morcego, apesar desta ser considerada um sítio arqueológico (Souza 2016; Pessis et al. 2017), alterações da vegetação de entorno causadas por queimadas e cortes da vegetação para extração de madeira, bem como presença de animais de criação (bovinos, caprinos), foram aqui identificados e podem comprometer a sua conservação.

Bat caves podem ser vistas como ponto de partida para ações de educação ambiental e como forma de atrair turistas para a prática de *bat-watching*, difundida em algumas localidades dos EUA (Novaes 2012; Texas Parks & Wildlife, 2016). Um exemplo, no Brasil, já acontece na Gruta do Farias, na RPPN Arajara Park, em Barbalha, no Ceará, onde todos os dias no final da tarde morcegos saem juntos dessa *bat cave* em busca de alimento na floresta que a circunda, encantando os muitos turistas que visitam a reserva (Novaes 2012). Contudo, para se utilizar cavernas desse tipo em atividades ecoturísticas há a necessidade anterior da realização de estudos mais completos que envolvam a caracterização destes abrigos e de seu entorno, incluindo aspectos físicos, biológicos e microclimáticos da caverna, sua composição de morcegos, além de avaliar possíveis efeitos da visitação. De posse destas e outras informações, deve-se então estabelecer um plano de manejo, abordando a possível visitação e proteção de caverna (Torres-Flores et al. 2012; Ferreira et al. 2016; Paula et al. 2019). No entanto, dada a conjuntura local existente atualmente no PARNA do Catimbau, este cenário está distante de se tornar realidade.

Uma estratégia que poderia ser útil na proteção de cavernas da região para os morcegos, principalmente das *bat caves*, seria o uso de portões para morcegos (*bat gates*). *Bat gates* são portões de aço compostos por barras horizontais e verticais bem espaçadas, que costumam ser instalados em entradas de cavernas e/ou minas em países como Portugal, Estados Unidos, Austrália, Reino Unido e Canadá, de forma a permitir a passagem dos morcegos e impedir o trânsito de humanos (Souza & Bernard, 2016). Esse tipo de instrumento poderia ser usado para impedir o acesso de pessoas e consequentemente evitaria uma série de impactos negativos

constatados nas cavernas do PARNA, sobretudo atos de vandalismo, visitas não autorizadas/não guiadas, e o uso bastante comum na região de fogo para desalojamento de animais ou colheita de mel de colmeias de abelhas. Mas, a instalação de *bat gates* requer a realização de testes piloto e monitoramento pré e pós-instalação em algumas cavidades-teste, antes de seu uso definitivo em cavidades-alvo, já que avaliações do uso destes portões e a sua interferência no comportamento dos animais ainda não foram realizadas no Brasil (Souza & Bernard 2016).

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Estudos e pesquisas em ambientes cavernícolas são essenciais para o conhecimento da fauna, seu funcionamento e proteção de sua biodiversidade (Mammola et al. 2019; Mammola et al. 2020). No estado de Pernambuco, estudos sobre morcegos em ambientes cavernícolas ainda são escassos, sendo necessário ampliar as pesquisas com estes animais. Os resultados apresentados demonstram a importância da continuidade de inventários, não apenas nas cavernas estudadas, mas em outras existentes na região. Considerando que no Brasil são poucas as cavernas que resguardam tanto uma grande riqueza como uma grande abundância de morcegos, as cavernas Meu Rei e Furna do Morcego representam locais prioritários para conservação dos morcegos. Estas cavernas também são regionalmente relevantes, pois são escassas as cavernas com essas características desenvolvidas em carste arenítico no Brasil. Embora o esforço de estudo sobre morcegos e cavernas tenha aumentado nos últimos anos no Brasil (Oliveira et al. 2018), não há dúvidas que muito ainda é necessário antes de considerarmos estes ambientes minimamente conhecidos. Nesse sentido, para os morcegos e cavernas do PARNA do Catimbau sugerimos que novas pesquisas e inventários se concentrem nas seguintes recomendações:

- (1) Realizar pesquisas científicas mais detalhadas na caverna Furna do Morcego para avaliar a existência de alterações microclimáticas provocadas pelos morcegos e depósitos de guano, bem como monitoramento sistemático de longo prazo da abundância de morcegos com foco na determinação da dinâmica de uso desse abrigo pelos morcegos;

- (2) Implantar e manter um extenso programa de captura-marcação-recaptura de morcegos de longo prazo que se estenda a várias cavidades-alvo a fim de avaliar, de modo amplo, possíveis translocações de morcegos entre cavidades, possibilitando a adoção de melhores estratégias de conservação em escala de paisagem;
- (3) Realizar prospecções espeleológicas em consonância com a pesquisa de morcegos em cavidades visando aumentar os registros e determinar a frequência de uso das cavidades por esses animais, suas associações interespecíficas, abundância e a realização de identificações acuradas dos diferentes táxons em campo por capturas e/ou avistamentos;
- (4) Visitar novamente as cavidades listadas no presente estudo onde as espécies não puderam ser capturadas, de modo a permitir a identificação mais correta das espécies e associações interespecíficas presentes;
- (5) Realizar teste-piloto e monitoramento pré e pós-instalação de portões para morcegos (*bat gates*) na Furna do Gato a fim de avaliar o impacto dessa estrutura sobre o comportamento das espécies com vistas ao seu futuro uso nas *bat caves* do PARNA do Catimbau.

AGRADECIMENTOS

Ao Coordenador do Programa Ecológico de Longa Duração, sítio Catimbau (PELD Catimbau), Dr. Marcelo Tabarelli, pelo suporte logístico fornecido durante as atividades de campo no PARNA do Catimbau. A Alessandro Fabiano de Oliveira (Analista Ambiental da Base Avançada do ICMBio/CECAV em Natal/RN), Darcy José dos Santos (Analista Ambiental da Base Avançada do ICMBio/CECAV em Nova Lima/MG), José Yatagan Mendes de Freitas (Técnico Ambiental da Base Avançada do ICMBio/CECAV em Natal/RN), Genivaldo Constantino da Silva (Guia do PARNA do Catimbau), Clébio (Guia da Terra Indígena Kapinawá) e Natanael (Motorista do PARNA do Catimbau) pela colaboração na coleta de dados em campo. A Gisela Livino de Carvalho, então Chefe do PARNA do Catimbau, e ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelo suporte e autorização para execução dos trabalhos na área. À Fundação Nacional do Índio (Funai), pela autorização fornecida para adentrar a Terra Indígena Kapinawá. Ao Diego de

Medeiros Bento (Analista Ambiental da Base Avançada do ICMBio/CECAV em Natal/RN) pela cessão de dados e repasse das informações levantadas na primeira expedição de inventário espeleológico do PARNA do Catimbau em 2014. A equipe do Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia da UFPE, pela ajuda em outras etapas do trabalho de campo. Ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste/CEPAN e a Anglo American Minério de Ferro S.A. pelo financiamento da pesquisa. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES pela concessão da bolsa de doutorado, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFPE, ao primeiro autor. E. Bernard é bolsista de produtividade do CNPq. Agradecemos ao revisores anônimos, que forneceram sugestões que contribuíram substancialmente para a melhoria e qualidade do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E.M.M., K.T. RIBEIRO, M.O. CARIELLO, D. OLIVEIRA, F. S. LACERDA, & M.M.G. MARINI. 2017. A parceria CNPq-ICMBio na construção da chamada CNPQ/ICMBio n 13/2011 – Pesquisa em unidades de conservação do bioma caatinga. (MONTOVANI, W., R. F. MONTEIRO, L. ANJOS, & M.O. CARIELLO, ORGS.). EDIÇÕES UFC, FORTALEZA.
- ALVES, T.S., ALVARADO, F., ARROYO-RODRIGUES, V., & SANTOS B.A. 2020. Landscape-scale patterns and drivers of novel mammal communities in a human-modified protected area. *Landscape Ecology*, 35: 1619-1633.
- ANDRADE, L.E.A. 2020. Novenas, sambas e torés: rede ritual, tradição de conhecimento e identidade indígena kapinawá. *Revista Mundaú*, 8: 139-162.
- ANDRADE, L.E.A; DANTAS, M.S. 2017. O tempo e a terra: Mapeando o território indígena Kapinawá. Olinda: CCLF. 86p.
- ASTÚA, D., & D. Q. GUERRA 2008. Caatinga Bats in the mammal collection of the Universidade Federal de Pernambuco. *Chiroptera Neotropical*, 14: 326-338.

- AULER, A. & PILÓ, L.B. 2011. Introdução à Espeleologia. In: III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Instituto Terra Brasilis, Belo Horizonte.
- AZEVEDO, I.S., & E. BERNARD. 2015. Avaliação do nível de relevância e estado de conservação da caverna “Meu Rei” no PN Catimbau, Pernambuco. *Revista Brasikesleira de Espeleologia* 1: 1-23.
- BARBIER, E., E. BERNARD, & F. DANTAS-TORRES. 2020. Ecology of *Antricola* ticks in a bat cave in north-eastern Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 82: 255–264.
- BARBIER, E., G. GRACIOLLI, & E. BERNARD. 2018. Structure and composition of Nycteribiidae and Streblidae flies on bats along an environmental gradient in Northeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 97: 409-418.
- BARROS, J.S., A. MILAGRES E GOMES, M.M.GUIMARÃES, L. DIAS-SILVA, P.A. ROCHA, V.C. TAVARES, & E. BERNARD, 2020a. Análise de relevância de cavernas: uma revisão da IN 02/2017 sob a perspectiva dos morcegos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 89: 126-134.
- BARROS, J.S., E. BERNARD & R. L. FERREIRA. 2020b. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. *Basic and Applied Ecology* 45: 1-11.
- BARROS, J.S., E. BERNARD & R.L. FERREIRA. 2021. An exceptionally high bat species richness in a cave conservation hotspot in Central Brazil. *Acta Chiropterologica* 23: 233-245.
- BENTO, D. D. M., J. B. CRUZ, D. J. DOS SANTOS, J. I. FREITAS, U. P. CAMPOS, & R. F. R. DE SOUZA, 2013. Parque Nacional da Fuma Feia - o Parque Nacional com a maior quantidade de cavernas no Brasil. Pp. 31–43 in ANAIS do 32º Congresso Brasileiro de Espeleologia, Barreiras, Bahia. Sociedade Brasileira de Espeleologia, Campinas, São Paulo.

- BERNARD, E., N.T. PIMENTEL, A. OTÁLORA-ARDILA, F.S.O. HINTZE, C. LUCENA & V. ALVES, 2020. Relatório Final: Projeto *Bat caves* do Semiárido do Brasil. Recife: CEPAN/UFPE.
- BOFF, M. 2018. Caatinga tem novas unidades de conservação. *Ciência e Cultura*, 70: 57.
- BONATO, V., & K. G. FACURE. 2000. Bat predation by the fringe-lipped bat *Trachops cirrhosus* (Phyllostomidae, Chiroptera). *Mammalia*, 64: 41–43.
- BRASIL. 2002. Decreto de 13 de dezembro de 2002: Cria o Parque Nacional do Catimbau, nos Municípios de Ibirimir, Tupanatinga e Buíque, no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Brasília, Diário Oficial da República Federativa do Brasil. CANIE/CECAV. 2019. <http://www.icmbio.gov.br/Cecav/Canie.html>. Acesso em: 31/12/2019
- BRASIL. 2017. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa/MMA nº 2, de 20/08/2009. Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (regulamenta o art. 5º do Decreto nº 6.640/2008). Diário Oficial da União, Brasília, DF. <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_criterios_210809.pdf>
- BRASIL. 2018. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (ICMBio/MMA). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos. 1ª edição. ICMBio/MMA. Brasília, DF <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol2.pdf>
- BRASIL. 2020A. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (ICMBio/MMA). Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro Brasília. <<https://drive.google.com/file/d/1zCOe0LYJ0YCXu6uRqO3d0s3ibomg0Snr/view>>.

640

641 BRASIL. 2020B. INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA
 642 BIODIVERSIDADE-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (ICMBio/MMA). Relação de
 643 UCs com Plano de Manejo.
 644 [https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo/ucs-](https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo/ucs-com-plano-de-manejo)
 645 [com-plano-de-manejo](https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/planos-de-manejo/ucs-com-plano-de-manejo)

646

647 BREDT, A., W. UIEDA, & E. D. MAGALHÃES, 1999. Morcegos cavernícolas do Distrito
 648 Federal, centro-oeste do Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 16: 731–770.

649

650 CAJAÍBA, R. L. 2014. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em cavernas no município de
 651 Uruará, Pará, norte do Brasil. Biota Amazônia, 4: 81-86.

652

653 CARVALHO-NETO, F.G., & E. M. SANTOS. 2012. Predação do roedor *Calomys* sp.
 654 (Cricetidae) pelo marsupial *Monodelphis domestica* (Didelphidae) em Buíque – PE,
 655 Brasil. Biotemas, 25: 317-320.

656

657 CAVALCANTI, L. F., M. F. DE LIMA, R. C. S. DE MEDEIROS, & I. MEGUERTITCHIAN. 2012.
 658 Plano de Ação Nacional para a Conservação do Patrimônio Espeleológico nas Áreas
 659 Cársticas da Bacia do Rio São Francisco – PAN Cavernas do São Francisco.
 660 Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Instituto Chico
 661 Mendes, 140 p. (Série Espécies Ameaçadas, 27).

662

663 REDE SPECIESLINK. 2020. COLEÇÃO DE QUIRÓPTEROS DZSJRP (DZSJRP-
 664 CHIROPTERA), COLEÇÃO DE MAMÍFEROS DO MUSEU DE ZOOLOGIA DA UNICAMP (ZUEC-MAM).
 665 Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>

666

667 CORDERO-SCHMIDT, E. ET AL. 2017. Natural History of the Caatinga Endemic
 668 Vieira's Flower Bat, *Xeronycteris vieirai*. Acta Chiropterologica, 19: 399-408.

669

670 CRUZ, M. A. O. M., M. C. C. CABRAL, L. A. M. SILVA & M. L. C. B. CAMPELLO. 2002.
 671 Diversidade da mastofauna no estado de Pernambuco. Diagnóstico da
 672 biodiversidade de Pernambuco. (TABARELLI, M., & J. M. C. SILVA, EDS.). Editora
 673 Massangana, Recife.

- 674
- 675 CUNHA, A. O. B., J. D. P. BEZERRA, T. G. L. OLIVEIRA, E. BARBIER, E. BERNARD, A. R.
- 676 MACHADO & C. M. SOUZA-MOTTA. 2020. Living in the dark: Bat caves as hotspots of
- 677 fungal diversity. *Plos One*, 15: e0243494.
- 678
- 679 DELGADO-JARAMILLO, M., E. BARBIER & E. BERNARD. 2017. New records, potential
- 680 distribution, and conservation of the Near Threatened cave bat *Natalus macrourus* in
- 681 Brazil. *Oryx*, 52: 1-8.
- 682
- 683 DELEVA, S. & G. CHAVERRI. 2018. Diversity and Conservation of Cave-Dwelling Bats
- 684 in the Brunca Region of Costa Rica. *Diversity* 10: 1-15.
- 685
- 686 DÍAZ, M.M., S. SOLARI, L. F. AGUIRRE, L.M.S. AGUIAR, & R. M. BARQUEZ. 2016. Clave de
- 687 identificación de los murciélagos de sudamérica. Publicación Especial n°2, Tucumán,
- 688 PCMA (Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina).
- 689
- 690 FEIJÓ, A., & A. LANGGUTH. 2013. Mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do
- 691 Brasil: Distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies. *Revista*
- 692 *Nordestina de Biologia*, 22: 3–227.
- 693
- 694 FEIJÓ, A., & P. A. ROCHA. 2017. Morcegos da Estação Ecológica Aiuaba, Ceará,
- 695 nordeste do Brasil: uma unidade de proteção integral na caatinga. *Mastozoología*
- 696 *Neotropical*, 24: 333-346.
- 697
- 698 FONSECA C.R., M. ANTONGIOVANNI, M. MATSUMOTO, E. BERNARD, & E.M. VENTICINQUE.
- 699 2017. Conservation Opportunities in the Caatinga. *Caatinga* (SILVA J.M.C., I.R. LEAL, M.
- 700 TABARELLI, eds.). Springer.
- 701
- 702 FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). 2015. Relatório parcial da pesquisa -
- 703 mapeamento e análise espectro-temporal das unidades de conservação de proteção
- 704 integral da administração federal no bioma Caatinga: Parque Nacional do Catimbau.
- 705 FUNDAJ/UFCG, Recife.
- 706

FUREY, N.M. & P. RACEY. 2016. Conservation Ecology of Cave Bats, p. 463-500. In: VOIGT, C. C. & T. O KINGSTON (Ogs.). Bats in Anthropocene: Conservation of Bats in a Chaging World. Springer Open: Lubbock, Texas, USA.

GARBINO, G.S.T. ET AL. 2020. Updated checklist of Brazilian bats: versão 2020. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil—CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (Sbeq). <<https://www.sbeq.net/lista-de-especies>> acessado em: 14/09/2020

GARDNER, A. L. 2007. Mammals of South America: Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. 1st edition. University of Chicago Press, Chicago.

GEISE, L., R. PARESQUE, SEBASTIÃO H., L.T. SHIRAI, D. ASTÚA, & G. MARROIG. 2010. Non-volant mammals, Parque Nacional do Catimbau, Vale do Catimbau, Buíque, state of Pernambuco, Brazil, with karyologic data. Check List 6:180–186.

GOMES, L. A. C., A. C. S. MAAS, M. S. M. GODOY, M. A. MARTINS, A. R. PEDROZO, & A. L. PERACCHI. 2018. Ecological considerations on *Xeronycteris vieirai*: an endemic bat species from the Brazilian semiarid macroregion. Mastozoología Neotropical, 25: 81–88.

GREGORIN R., A.P. CARMIGNOTTO, & A.R. PERCEQUILLO. 2008. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, nordeste do Brasil. Chiroptera Neotropical, 14: 366–383.

GUERRA, D. Q. 2015 Morcegos (Chiroptera) da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger (Eds.). Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada, Alagoas, Pernambuco, Brasil. Genève: Boissiera, 2015. cap. 6.11.1, p. 409-421.

GUIMARÃES, M. M. & R.L. FERREIRA. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a conservação. Revista Brasileira de Espeleologia, 2: 1-33.

GUIMARÃES, M. M. & R.L. FERREIRA. 2019. Potential distribution of cave bats as a tool for locating caves areas. *Espeleo-Tema*, 29: 121-135.

GUERRA, D. Q. 2007. Chiroptera de Pernambuco: distribuição e aspectos biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

ITO, F., E.BERNARD & R.A. TORRES. 2016. What is for Dinner? First Report of Human Blood in the Diet of the Hairy-Legged Vampire Bat. *Acta Chiropterologica*, 18: 509-515.

JANSEN D.C., L.F. CAVALCANTI, & H.S. LAMBLÉM 2012. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala de 1:2.500.000. *Revista Brasileira de Espeleologia* 2: 42-57.

LADLE, R. J., J. V. L. FIRMINO, A. C. M. MALHADO, & A. RODRÍGUEZ-DURÁN. 2012. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical hot caves. *Conservation Biology* 26: 978-982.

LEAL, E.S.B., & A.G.M. COELHO. 2019. Deoclécio de Queiróz Guerra Filho e as origens da Mastozoologia e Quiropterologia na região Nordeste do Brasil e no estado de Pernambuco. *Revista Nordestina de Zoologia*, 12: 1-17.

LEAL, E.S.B., & D.F. RAMALHO. 2021. First record of albinism in a mustached bat (Chiroptera, Mormoopidae) from South America. *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos*, 3: e21.3.1.

LEAL, E. S. B., F. F. GOMES-SILVA, D. Q. GUERRA, S. M. AZEVEDO JÚNIOR, R. M. LYRA-NEVES, & W. R. TELINO-JÚNIOR. 2018. Update of the distribution of *Lonchorhina aurita* (Chiroptera), a vulnerable cave-dwelling bat in Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 13: 254-267.

LEAL, E.S.B., F.F. GOMES-SILVA, T.C. LIRA, J.G. PRADO NETO, & P.B. PASSOS FILHO. 2014. Ocorrência de *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828) (Chiroptera: Furipteridae) in the

state of Paraíba and an update of the distribution of the species in Brazil. *Chiroptera Neotropical* 20: 1280–1287.

MACHADO, C. C.C., C. U. GONÇALVES, M.B. ALBUQUERQUE, & E.C. PEREIRA. 2017. Protected areas and their multiple territorialities – a social and environmental reflection on Catimbau National Park – Brazil. *Ambiente & Sociedade*, 20: 239-260.

MACHADO, I.C. & A.V. LOPES. 2004. Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. *Annals of Botany*, 94: 365-376.

MACHADO, I.C.S., & A.V. LOPES. 2002. A polinização em ecossistemas de Pernambuco: Uma revisão do estado atual do conhecimento. *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco* (TABARELLI, M., & J.M.C. SILVA, eds.). Editora Massangana, Recife.

MAIA, L.C. 2014. *Fungos do Parque Nacional do Catimbau*. Recife: Editora UFPE, 2014. 52p.

MAMMOLA S. ET AL. 2020. Fundamental Research Questions in Subterranean Biology. *Biological Reviews*

MAMMOLA, T. ET AL. 2019. Scientists' Warning on the Conservation of Subterranean Ecosystems. *BioScience*, 69: 641–650.

MARES, M. A., M. R. WILLIG, K. E. STREILEIN, & T. E. LACHER JR. 1981. The mammals of northeastern Brazil: a preliminary assessment. *Annals of Carnegie Museum*, 50: 81-137.

MAYEN F. 2003. Haematophagous bats in Brazil, their role in rabies transmission, impact on public health, livestock industry and alternatives to an indiscriminate reduction of bat population. *Journal of veterinary medicine - Series B - Infectious diseases and veterinary public health*, 50:469-72.

- 806 MORATELLI, R. & D. DIAS. 2015. A new species of nectar-feeding bat, genus
 807 *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae).
 808 ZooKeys, 514: 53-91.
 809
- 810 MUÑOZ-LEAL, S., E. BARBIER, F. A. M. SOARES, E. BERNARD, M. B. LABRUNA, & F.
 811 DANTAS-TORRES, 2018. New records of ticks infesting bats in Brazil, with observations
 812 on the first nymphal stage of *Ornithodoros hasei*. Experimental and Applied
 813 Acarology, 76: 537-549.
 814
- 815 NOVAES, R.L.M. 2012. Morcegos e cavernas: uma história escondida de evolução,
 816 conservação e preconceito. Ciência Hoje, 294: 40-44.
 817
- 818 NOVAES, R. L.M., R. S. LAURINDO & R. F. SOUZA, 2015. Structure and natural history of
 819 an assemblage of bats from a xerophytic area in the Caatinga of northeastern Brazil.
 820 Studies on Neotropical Fauna and Environment, 50 : 40–51.
 821
- 822 OLIVEIRA, A.P.C., & E. BERNARD. 2017. Financial needs vs. the realities of *in situ*
 823 conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga.
 824 Biotropica. 49: 745-752.
 825
- 826 OLIVEIRA, H., M. OPREA, & R. DIAS. 2018. Distributional patterns and ecological
 827 determinants of bat occurrence inside caves: a broad scale meta-analysis. Diversity,
 828 10: 49.
 829
- 830 ORTEGA, J. 2005. *Pteronotus parnellii*. Los mamíferos silvestres de México (CEBALLOS,
 831 G., & G. OLIVA, coord.). CONABIO / Fondo de Cultura Económica. Hong Kong.
 832
- 833 OTÁLORA-ARDILA, A., J.M. TORRES, E. S. BARBIER, N. T. PIMENTEL, E.S.B. LEAL, & E.
 834 BERNARD. 2019. Species richness and abundance variation in a bat cave in Brazil's
 835 Caatinga drylands. Acta Chiropterologica, 21: 411-423.
 836
- 837 PALMA, A.R.T. ET AL. 2017. Respostas de pequenos mamíferos terrestres a um evento
 838 climático extremo na Caatinga. Pesquisas em Unidades de Conservação no domínio

- da Caatinga – Subsídios a Gestão (MONTOVANI, W., R. F. MONTEIRO, L. ANJOS, & M.O. CARIELLO, eds.). Edições UFC, Fortaleza.
- PAVAN, A. C. 2019. Family Mormoopidae (ghost-faced bats, naked-backed bats and mustached bats). Handbook of the mammals of the World, vol. 9. Bats (WILSON D. E, & R. A. MITTERMEIER, eds.). Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- PAVAN, A.C., & V.C. TAVARES. 2020. *Pteronotus gymnonotus* (Chiroptera: Mormoopidae). Mammalian Species 52:40–48.
- PAULA, C. C. P., M. E. BICHUETTE, & M.H.R. SELEGHIM. 2019. Legislação ambiental e a conservação das cavernas no Brasil sob o olhar da microbiologia. Espeleo-Tema, 29: 7-16.
- PAULA, R. C., C. B. CAMPOS, & R. G. MORATO. 2011. Mastofauna da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco/SEDR/DZT/MMA (Ministério do Meio Ambiente, org.). MMA, Brasília.
- PESSIS, A.M., D. CISNEIROS, D. MUTZENBERG, G. MARTIN, & H. LAVALLE. 2017. Caracterização dos sítios pré-históricos com grafismos rupestres no estado de Pernambuco, Brasil. Clio– Série Arqueológica, 32: 165-188.
- PINTO-DA-ROCHA, R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). Papéis Avulsos de Zoologia, 39:61–163.
- R CORE TEAM. 2017. R: a language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing Vienna Austria URL <<https://www.R-project.org/>>
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; BATISTA, C. B.; LIMA, I. P.; PEREIRA, A. D. História natural dos morcegos brasileiros - chave de identificação de espécies. Rio de Janeiro: Technical Books, 2017. 416 p.

- ROCHA, P. A., J. A. FEIJÓ, J. S. MIKALAUSKAS, & S. F. FERRARI. 2011. First records of mormoopid bats (Chiroptera, Mormoopidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian*, 75: 295-299.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 1996. Foraging ecology of the Puerto Rican Boa (*Epicrates inornatus*): Bat predation, Carrion feeding, and Piracy. *Journal of Herpetology*, 30: 533-536.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. 2009. Bat assemblages in the West Indies: the role of caves. In: FLEMING, T.H. & P.A. RACEY (Eds) *Island bats: evolution, ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago, 279–290.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. & R. LEWIS. 1987. Patterns of population size, diet and activity time for a multispecies assemblage of bats at a cave in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 23: 352–360.
- SAZIMA, I., L. D. VIZOTTO, & V.A. TADDEI. 1978. Uma nova especie de *Lonchophylla* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). *Revista Brasileira de Biologia*, 38:81–89.
- SBRAGIA, I.A., & A. CARDOZO. 2008. Quiróptero fauna (Mammalia: Chiroptera) cavernícola da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Chiroptera Neotropical*, 14: 360-365.
- SIKES, R.S., THE ANIMAL CARE AND USE COMMITTEE OF THE AMERICAN SOCIETY OF MAMMALOGISTS, 2016. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the Use of Wild Mammals in Research and Education. *Journal of Mammalogy*, 97: 663-688.
- SILES, L., A. MUÑOZ & L. F. AGUIRRE. 2007. Bat diversity in three caves in a montane forest of Bolivia. *Ecotropica* 13: 67–74.
- SILVA, C. R. & E. BERNARD. 2017. Bioacoustics as an Important Complementary Tool in Bat Inventories in the Caatinga Drylands of Brazil. *Acta Chiropterologica*, 19: 409-418.

907

908 SILVA, J. H. & F. B. A MAIA. 2008. O turismo no Parque Nacional do Catimbau:
 909 avaliação dos benefícios da atividade percebidos pelos moradores. Revista Turismo
 910 Visão e Ação – Eletrônica, 10: 204 – 220.

911

912 SILVA L.A.M., E.S.B. LEAL, E.M. VILAR, A.Q.S. SOUZA, A.S. DA SILVA & M.A.B. OLIVEIRA.
 913 2020. Distribution extension and first record of *Trinycteris nicefori* sanborn, 1949
 914 (Chiroptera, Phyllostomidae) from the state of Pernambuco, Brazil. Check List 16:
 915 461–469.

916

917 SILVA, M.S., & R.L. FERREIRA. 2009. Caracterização ecológica de algumas cavernas
 918 do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nessas
 919 cavidades. Revista de Biologia e Ciências da Terra 9: 59-71.

920

921 SILVA, S. S. P., P. G. GUEDES, & A. L. PERACCHI. 2001. Levantamento preliminar dos
 922 morcegos do Parque Nacional de Ubajara (Mammalia, Chiroptera), Ceará, Brasil.
 923 Revista Brasileira de Zoologia, 18: 139-144.

924

925 SILVA, U. B. T., M. DELGADO-JARAMILLO, L.M.S. AGUIAR, & E. BERNARD. 2018. Species
 926 richness, geographic distribution, pressures, and threats to bats in the Caatinga
 927 drylands of Brazil. Biological Conservation 221: 312-322.

928

929 SOCIEDADE NORDESTINA DE ECOLOGIA (SNE). 2002. Projeto Técnico para a Criação do
 930 Parque Nacional do Catimbau/PE – versão final, em cumprimento ao Contrato n^o
 931 086-00/02, Subprojeto “Proposta para Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE”.

932

933 SOLARI, A. & SILVA, S. F. S. M. 2017. Sepultamentos secundários com manipulações
 934 intencionais no Brasil: um estudo de caso no sítio arqueológico Pedra do Cachorro,
 935 Buíque, Pernambuco, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências
 936 Humanas, 12: 135-155.

937

938 SOUSA, A.E.B.A., D.M. LIMA, & R.M. LYRA-NEVES. 2012. Avifauna of the Catimbau
 939 National Park in the brazilian state of Pernambuco, Brazil: species richness
 940 and spatio-temporal variation. Revista Brasileira de Ornitologia, 20:230-245.

- SOUSA, M. A. N., A. R. LANGGUTH, & E. A. GIMENEZ. 2004. Mamíferos de Brejos de Altitude Paraíba e Pernambuco. Brejos de Altitude: história natural, ecologia e conservação (PORTO, K., J. J. P. CABRAL, & M. TABARELLI, eds.). Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF
- SOUZA, C. S., & E. BERNARD. 2016. *Bat gates*: informações de suporte sobre a instalação de portões em abrigos para morcegos no Brasil. Revista Brasileira de Espeleologia 1: 1-47.
- SOUZA, T. F. 2016. Pinturas rupestres e paisagem: um estudo de caso das representações zoomórficas do Vale do Catimbau – PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
- TAVARES, V. C., C.F.S. PALMUTI, R. GREGORIN & T.T. DORNAS. 2012. MORCEGOS. P. 162-179. In: MARTINS, F.D., A.F.CASTILHO, J. CAMPO, F.M. HATANO, & S.G. ROLIM. (Eds.). Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres. São Paulo: Nitro Imagens.
- TEXAS PARKS & WILDLIFE. 2016. Bat-Watching sites of Texas guide. Disponível em: <<https://tpwd.texas.gov/huntwild/wild/species/bats/bat-watching-sites/>>.
- TORRES, D.F., & M.E. BICHUETTE. 2019. Morcegos cavernícolas depositados na coleção científica do laboratório de estudos subterrâneos, UFSCAR. Espeleo-Tema, 29: 105-119.
- TORRES-FLORES, J. W., R. LÓPEZ-WILCHIS, & A. SOTO-CASTRUITA. 2012. Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. Revista de Biología Tropical, 60: 1369–1389.
- TORQUETTI, C. G., M.X. SILVA, & S. A. TALAMONI. 2017. Differences between caves with and without bats in a Brazilian karst habitat. Zoologia 34: e13732

- 975 TRAJANO, E. 1985. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região
976 cárstica do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 5: 255-320.
977
- 978 TRAJANO, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização
979 preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, 3: 533-561.
980
- 981 TRAJANO, E. 2013. Variações anuais e infra-anuais em ecossistemas subterrâneos:
982 implicações para estudos ambientais e conservação de cavernas. *Revista da*
983 *Biologia*, 10: 1-7.
984
- 985 TRAJANO, E. & M. E. BICHUETTE. 2006. *Biologia Subterrânea: Introdução*. São Paulo:
986 Redespeleo. 92p.
987
- 988 UIEDA, W. & A. BREDT. 2016. Morcegos: Agentes Negligenciados da Sustentabilidade.
989 *Sustentabilidade em Debate* 7: 186 – 209.
990
- 991 UIEDA, W., I. SAZIMA & A. STORTI-FILHO. 1980. Aspectos da biologia do
992 morcego *Furipterus horrens*. *Revista Brasileira de Biologia*, 40: 59- 66.
993
- 994 VARGAS-MENA, J. C., E. CORDERO-SCHMIDT, D. M. BENTO, B. RODRIGUEZ-HERRERA,
995 R. A. MEDELLÍN, & E. M. VENTICINQUE. 2018a. Diversity of cave bats in the
996 Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state. *Mastozoología*
997 *Neotropical*, 25:199-212.
998
- 999 VARGAS-MENA, J. C., K. ALVES-PEREIRA, M. A. S. BARROS, E. BARBIER, E. CORDERO-
1000 SCHMIDT, S. M. Q. LIMA, B. RODRÍGUEZ-HERRERA, & E. M. VENTICINQUE. 2018b. The bats of
1001 Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 18: e20170417

Tab. 1 Lista das 53 cavidades naturais subterrâneas com registros de morcegos no Parque Nacional do Catimbau e sua zona de amortecimento, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Bat cave, ⁽¹⁾ Caverna situada dentro dos limites do PARNA do Catimbau, ⁽²⁾ Caverna situada na Zona de Amortecimento.

Acrônimos dos 16 táxons de morcegos registrados são: *Peropteryx* spp. (Psp.), *Desmodus rotundus* (Dr), *Diphylla ecaudata* (De), *Carollia perspicillata* (Cp), *Anoura geoffroyi* (Ag), *Glossophaga soricina* (Gs), *Lonchophylla inexpectata* (Li), *Lonchophylla* sp. (Lm), *Xeronycteris vieirai* (Xv), *Lonchorhina aurita* (La), *Tonatia bidens* (Tb), *Artibeus planirostris* (Ap), *Pteronotus gymnonotus* (Pg), *Pteronotus personatus* (Pp), *Natalus macrourus* (Nm), e *Furipterus horrens* (Fh).

Riqueza: Baixa (0-3 espécies), Média (4-6), Alta (7-9 espécies) e Elevada (acima de 9), conforme Guimarães & Ferreira (2014).

Variáveis internas das cavidades (em metro) são: desenvolvimento linear da caverna (DL), largura da entrada da caverna (LG) e altura da entrada da caverna (AL).

Unidade de Conservação/ Nome da Caverna	Classificação	Táxons Registrados	Riqueza	DL (m)	LG (m)	AL (m)	Coordenadas	
PN do Catimbau/PE							Latitude	Longitude
1 - Caverna Meu Rei, Tupanatinga ⁽¹⁾ *	Caverna	Dr, De, Cp, Tb, Ag, Gs, La, Nm, Pg, Pp	10 (Elevada)	162,6	5,83	0,99	- 8,486665	- 37,280004
2 - Furna do Gato, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Dr, De, Cp, Gs, La, Lm	6 (Média)	25,4	3,37	2,13	- 8,586081	- 37,240686
3 - Furna de Mané Bento,	Caverna	Dr, De, Cp, Gs, La	5 (Média)	55,2	-	-	-	-37,22273

Buíque ⁽¹⁾							8,604591		
4 - Furna do Morcego, Ibimirim ⁽¹⁾ *	Caverna	Pg, Pp, Cp, Gs, Lm	5 (Média)	43,8	4,1	3,36	- 8,570448	- 37,382056	
5 - Furna do Letreiro Prateado, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Dr, Li, Psp.	3 (Baixa)	34,0	30,0	5,0	- 8,485075	- 37,307631	
6 - Caverna Vermelha, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	De, Cp, Xv	3 (Baixa)	19,5	6,3	5,2	- 8,505123	- 37,238289	
7 - Furna da Serra de Jerusalém, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Dr, De, Cp, Gs, La	5 (Média)	NÃO	NÃO	NÃ O	- 8,604853	- 37,223022	
8 - Caverna da Juriti, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Ag, Xv	2 (Baixa)	NÃO	NÃO	NÃ O	- 8,567631	- 37,427645	
9 - Caverna Três Juazeiros, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Dr, De	2 (Baixa)	20,0	7,0	3,0	- 8,579474	- 37,309894	
10 - Caverna Boca do Peixe, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Fh	1 (Baixa)	11,0	1,7	1,06	- 8,570056	- 37,371268	
11 - Caverna do Uilson, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Ag	1 (Baixa)	41,0	NÃO	NÃ O	- 8,558573	- 37,411840	
12 - Furna do Walmir, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	De	1 (Baixa)	57,9	NÃO	NÃ O	- 8,593096	- 37,235303	
13 - Abrigo da	Abrigo sob rocha	Fh	1 (Baixa)	6,0	10,0	2,0	-	-	

Quixabeira, Ibimirim ⁽¹⁾							8,567966	37,429419
14 - Caverna da Fenda, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Psp.	1 (Baixa)	8,0	1,8	5,0	- 8,570693	- 37,380949
15 - Abrigo do Capú, Ibimirim ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Psp.	1 (Baixa)	10,0	12,0	3,1	- 8,602121	- 37,463202
16 - Furna do Arco do Brejo de São José, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Ap	1 (Baixa)	68,9	NÃO	NÃ O	- 8,544611	- 37,231965
17 - Furna da Chaminé, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Psp.	1 (Baixa)	7,5	NÃO	NÃ O	- 8,605858	- 37,467197
18 - Abrigo da Serra de Jerusalém I, Buíque ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Psp.	1 (Baixa)	13,0	NÃO	NÃ O	- 8,606385	- 37,222481
19 - Furna do Alcobaça III, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Psp.	1 (Baixa)	10,5	4,0	2,5	- 8,539042	- 37,197160
20 - Furna dos Bolas, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Psp.	1 (Baixa)	20,0	8,0	3,8	- 8,499726	- 37,240546
21 - Abrigo da Macambira, Tupanatinga ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Psp.	1 (Baixa)	3,28	6,2	4,41	- 8,569925	- 37,372550
22 - Abrigo do Alcobaça	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	7	8	0,8	-	-

IV, Buíque ⁽¹⁾		observados voando	não realizada				8,539358	37,196304
23 - Abrigo do Guano, Buíque ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	8	4	32	-	-
		observados voando	não realizada				8,471121	37,189769
24 - Abrigo do Morro do Meio, Buíque ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	31	32	11,5	-	-
		observados voando	não realizada				8,519844	37,221259
25 - Abrigo do Puiú, Ibimirim ⁽²⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	19	23,3	4,8	-	-
		observados voando	não realizada				8,609700	37,473808
26 - Abrigo do Vale Cigano II, Buíque ⁽²⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	5,3	5,9	1,3	-	-
		observados voando	não realizada				8,588607	37,201637
27 - Abrigo Maria Preta, Ibimirim ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	5,5	6,5	2,2	-	-
		observados voando	não realizada				8,593217	37,449388
28 - Furna da Ceva, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos	Identificação	17	8	2	-	-
		observados voando	não realizada				8,594815	37,234656
29 - Furna da Estrada Puiú (Gruta da Estrada Puiú), Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos	Identificação	17	9	3	-	-
		observados voando	não realizada				8,606176	37,468093
30 - Furna do Alcobaça II (Gruta Alcobaça II), Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos	Identificação	39,3	NÃO	NÃO	-	-
		observados voando	não realizada				8,539660	37,193894
31 - Furna do Bocão do	Caverna	Morcegos	Identificação	12	9,1	10	-	-

Alcobaça, Buíque ⁽¹⁾		observados voando	não realizada				8,539318	37,195960
32 - Furna do Morro da Andorinha, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	30	1	30	- 8,471017	- 37,189789
33 - Furna do Puiú II, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	18,5	16	3	- 8,608420	- 37,471515
34 - Furna do Puiú III, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	9	8,7	2	- 8,608632	- 37,471728
35 - Furna do Quiri D'algo, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	13	1	2,5	- 8,552627	- 37,405546
36 - Furna do Saquinho, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	6	NÃO	NÃO	- 8,586555	- 37,240522
37 - Furna dos Mocós, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	16	11	4,1	- 8,486288	- 37,278255
38 - Furna Serra de Jerusalém, Buíque ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	13,2	NÃO	NÃO	- 8,604853	- 37,223022
39 - Abrigo da Banana, Tupanatinga ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	4	8	3	- 8,569010	- 37,374168
40 - Abrigo da Boca Larga, Ibimirim ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	6	7	1,5	- 8,564785	- 37,418829
41 - Abrigo da Ossada de	Abrigo sob rocha	Morcegos	Identificação	5	7	3	-	-

Boi, Ibimirim ⁽¹⁾		observados voando	não realizada				8,564597	37,418259
42 - Abrigo Pássaro C. Sebo, Tupanatinga ⁽¹⁾	Abrigo sob rocha	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	4,35	11,6	7,1	- 8,569261	- 37,371448
43 - Caverna Boca de Pato, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	6	3	0,5	- 8,484455	- 37,278045
44 - Caverna Boca de Pato II, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	7	5	0,6	- 8,484395	- 37,278055
45 - Caverna Condomínio do Morcego, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	5	1	2	- 8,555842	- 37,409178
46 - Caverna do Guano Preto, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	7	4	2	- 8,560661	- 37,314489
47 - Caverna do Vulcão, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	20	5	6	- 8,567772	- 37,424980
48 - Caverna Dois Dutos, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	5	1	4	- 8,548584	- 37,398719
49 - Caverna dos Blocos, Tupanatinga ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	7	4	2	- 8,484242	- 37,285200
50 - Caverna Entre Pedras, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos observados voando	Identificação não realizada	10	3	1,5	- 8,558816	- 37,411978
51 - Caverna Janela do	Caverna	Morcegos	Identificação	20	10	1,5	-	-

Catimbau, Ibimirim ⁽¹⁾		observados voando	não realizada				8,567482	37,427277
52 - Caverna Pedra Lisa, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos	Identificação	10	NÃO	5	-	-
		observados voando	não realizada				8,552474	37,405568
53 - Gruta do Catimbau, Ibimirim ⁽¹⁾	Caverna	Morcegos	Identificação	15	NÃO	20	-	-
		observados voando	não realizada				8,546690	37,394532

Tab. 2 Lista de espécies de morcegos cavernícolas registradas em cavidades naturais subterrâneas no Parque Nacional do Catimbau e sua Zona de Amortecimento, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, com número de cavidades onde foram registradas e seus respectivos status de conservação segundo a Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (Brasil 2018) e pela *Red List* da IUCN (www.redlist.org). Não ameaçado (LC); Em Risco Próximo (NT); Deficiente de dados (DD); Vulnerável (VU). As espécies foram classificadas como essencialmente cavernícola (EC) ou cavernícola ocasional (CO), segundo Guimarães & Ferreira (2014). Hábito alimentar: INS AER - Insetívoro que caça insetos durante o voo; INS C – Insetívoro “catador”, que caça insetos pousados, FRU – frugívoro, HEM – hematófago e NEC – nectarívoro (conforme Tavares et al. 2012).

Táxon	N de cavidades	Tipo de Registro	Hábito Alimentar	Brasil 2018	IUCN
Emballonuridae					
<i>Peropteryx</i> spp.	8	-	INS AER	-	-
Phyllostomidae					
Desmodontinae					
<i>Desmodus rotundus</i> (Geoffroy, 1810)	6	CO	HEM	LC	LC
<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	7	EC	HEM	LC	LC
Lonchorhininae					
<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1863	3	EC	INS C	VU	LC
Phyllostominae					
<i>Tonatia bidens</i> (Spix, 1823)	1	CO	INS C	LC	DD
Glossophaginae					
<i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838	3	EC	NEC	LC	LC
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	5	CO	NEC	LC	LC
Lonchophyllinae					
<i>Lonchophylla inexpectata</i> Moratelli & Dias, 2015 *	1	-	NEC	LC	LC
<i>Lonchophylla mordax</i> Thomas, 1903	1	CO	NEC	LC	LC
<i>Xeronycteris vieirai</i> Gregorin & Ditchfield, 2005 *	2	-	NEC	VU	DD
Carollinae					
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	6	CO	FRU	LC	LC
Stenodermatinae					

Táxon	N de cavidades	Tipo de Registro	Hábito Alimentar	Brasil 2018	IUCN
<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	1	CO	FRU	LC	LC
Mormoopidae					
<i>Pteronotus gymnonotus</i> (Wagner, 1843)	2	EC	INS AER	LC	LC
<i>Pteronotus personatus</i> (Wagner, 1843)	2	EC	INS AER	LC	LC
Furipteridae					
<i>Furipterus horrens</i> (F. Cuvier, 1828)	2	EC	INS AER	VU	LC
Natalidae					
<i>Natalus macrourus</i> (Gervais, 1856)	1	EC	INS AER	VU	NT

Legenda: (*) Não avaliada quanto ao uso de cavidades naturais subterrâneas (Guimarães & Ferreira 2014; Oliveira et al. 2018).

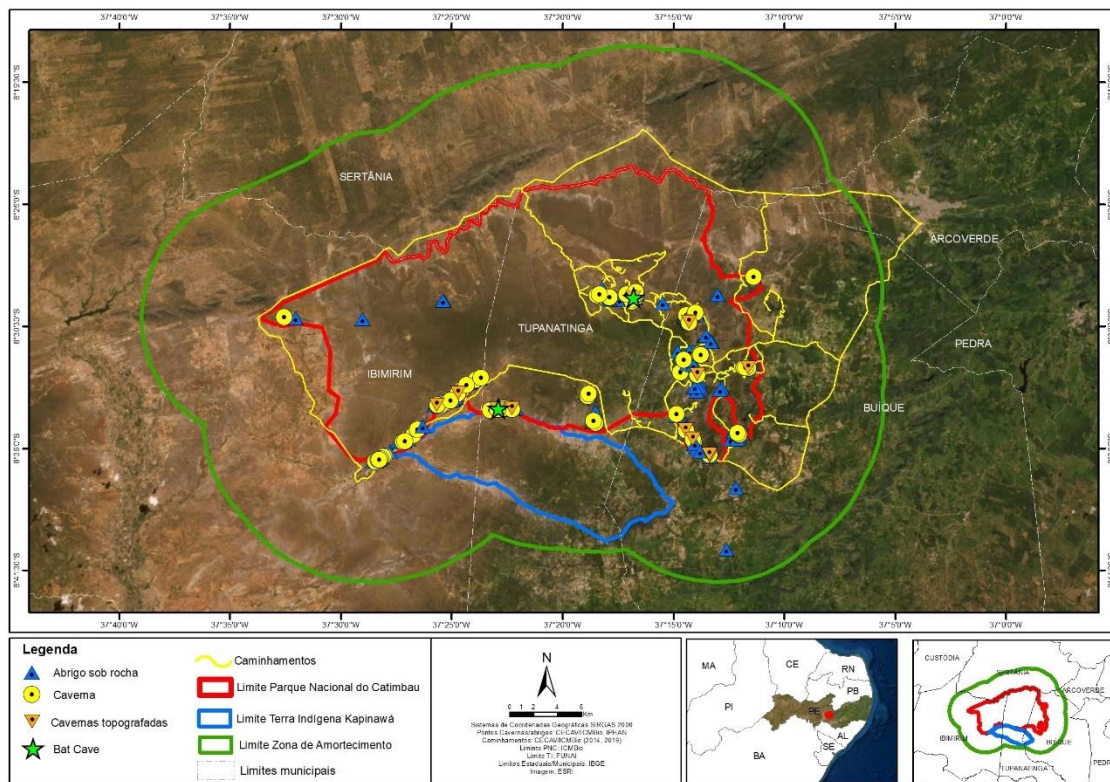


Fig. 1 Localização do Parque Nacional do Catimbau e respectiva Zona de Amortecimento, no estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil.

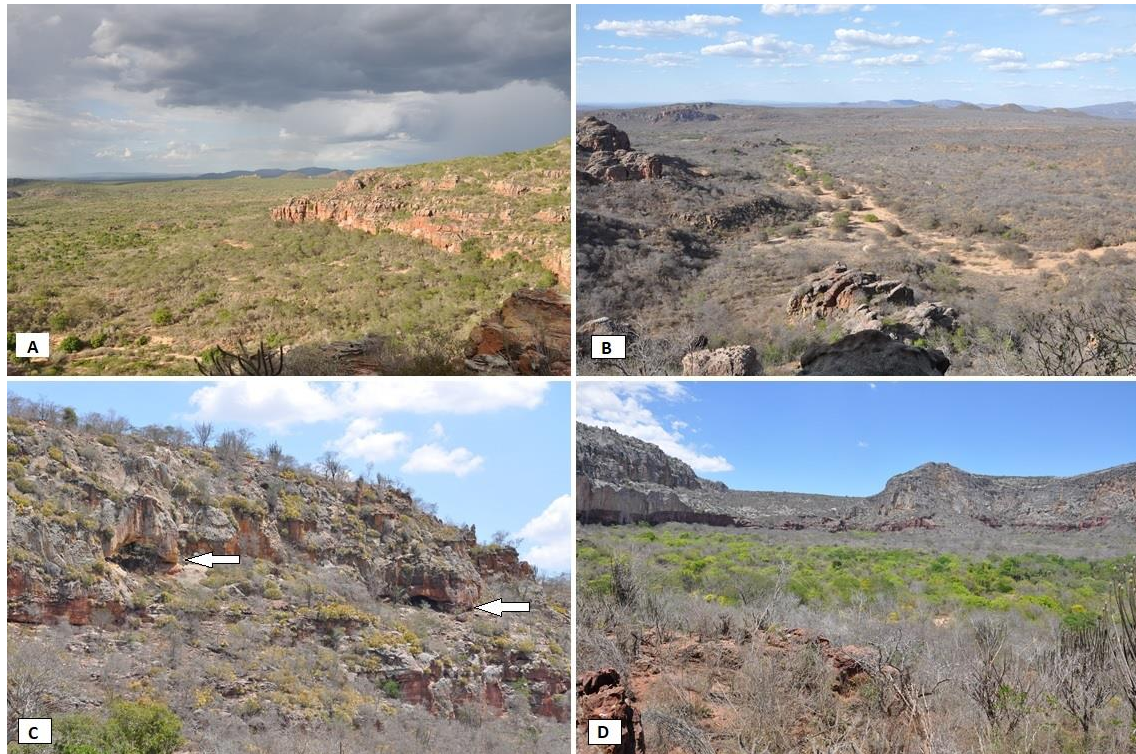


Fig. 2 Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco, Nordeste do Brasil. A - Caatinga na Estação Chuvosa, B - Caatinga na Estação Seca, C - Afloramento Rochoso Arenítico com Cavidades e D - Paredão Rochoso Arenítico.

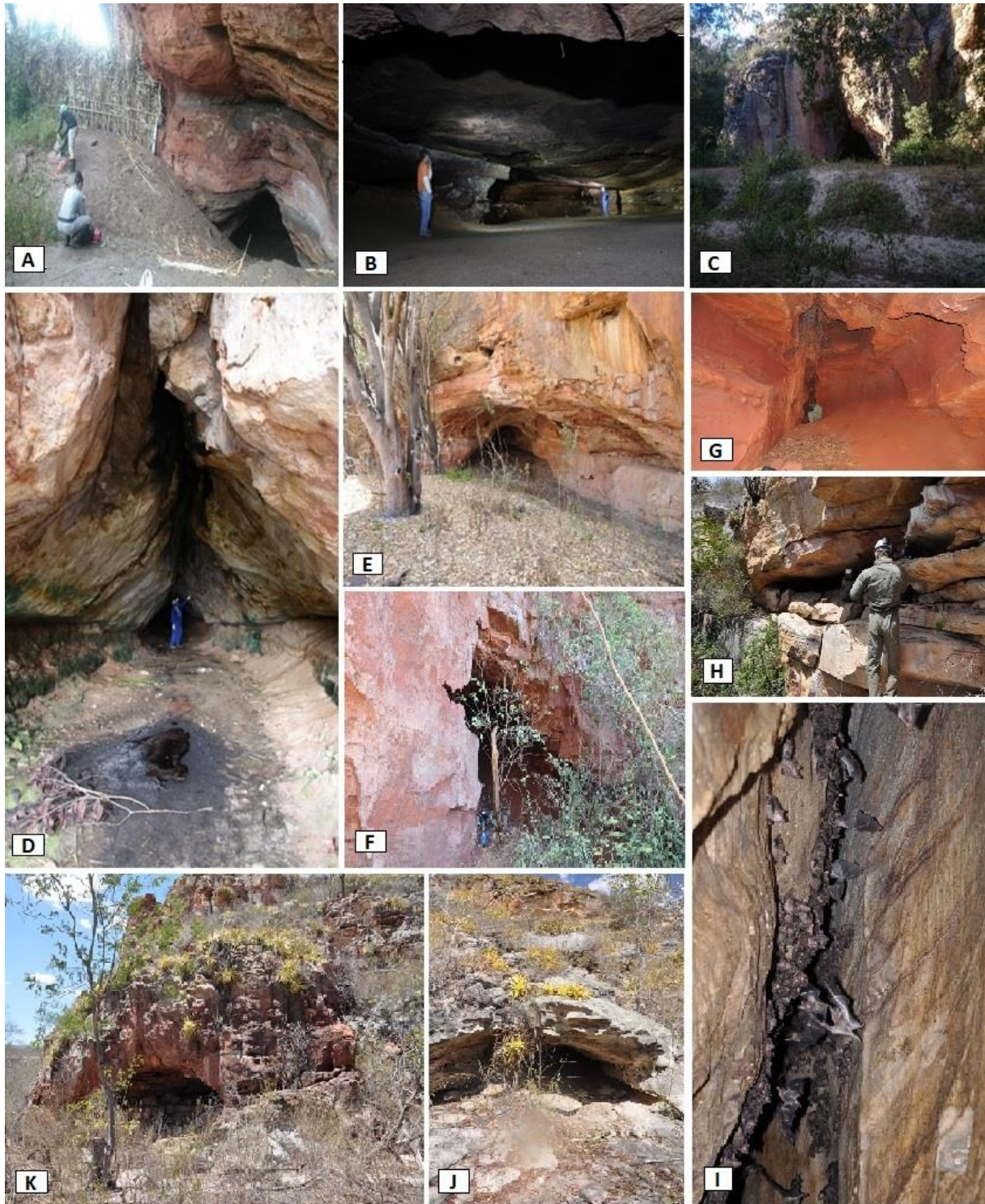


Fig. 4 A - Furna do Gato, Buíque, B - Caverna Meu Rei (*Bat cave*), Tupanatinga, C - Furna do Morcego (*Bat cave*), D - Furna de Mané Bento (em detalhe depósito de fezes de *Desmodus rotundus*), Buíque, E - Caverna Três Juazeiros, Ibimirim, F e G - Caverna Vermelha, Buíque, H - Caverna do Uilson, Ibimirim, I - colônia de *Anoura*

geofroyi na Caverna do Uilson, J - Caverna Boca de Peixe, Ibimirim e K - Caverna da Juriti, Ibimirim.

MORCEGOS CAVERNÍCOLAS DO CARSTE ARENÍTICO DO PARQUE NACIONAL
DO CATIMBAU, NORDESTE DO BRASIL

Edson Silva Barbosa Leal ^{1,2} e Enrico Bernard ²

¹ Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de
Pernambuco, Recife, Pernambuco, PE, Brasil [Correspondente: Edson Silva
Barbosa Leal: edson.leal76@gmail.com]

² Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento
de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife,
Pernambuco, PE, Brasil

Mastozoologia Neotropical

Mateial Suplementar

[illegible]

	Unidades de Conservação																	
Família, Subfamília, Espécie	Proteção Integral													Uso Sustentável				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Promops centralis</i> Thomas, 1915																		
<i>Promops nasutus</i> (Spix, 1823)																		
Vespertilionidae Gray, 1821																		
Vespertilioninae Gray, 1821																		
<i>Eptesicus furinalis</i> (d'Orbigny e Gervais, 1847)																		
<i>Histiotus diaphanopterus</i> Feijó, Rocha e Althoff, 2015																		
<i>Lasiurus egregius</i> (Peters, 1870)																		
<i>Lasiurus ega</i> (Gervais, 1856)																		
<i>Lasiurus blossevillii</i> ([Lesson, 1826])																		
<i>Rhogeessa hussoni</i> Genoways e Baker, 1996																		
Myotinae Tate, 1942																		
<i>Myotis lavalis</i> Moratelli, Peracchi, Dias e Oliveira, 2011																		
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)																		
<i>Myotis riparius</i> Handley, 1960																		
<i>Myotis ruber</i> (É. Geoffroy, 1806)																		
TOTAL DE ESPÉCIES	36	27	26	20	20	18	14	14	10	7	5	3	1	46	7	6	3	2

Referências

- ARAÚJO, A.J.G., A.M. PESSIS, C. GUÉRIN, C.M.M. DIAS, C. ALVES, E.S. SALVIA, F. OLMOS, F. PARENTI, G. D. FELICE, J. PELLERIN, L. EMPERAIRE, M. CHAME, M.C.S.M. LAGE, M. FAURE, N. GUIDON, R. P. MEDEIROS, & P.R.G. SIMÕES. 1998. Parque Nacional Serra da Capivara. Fundham, São Raimundo Nonato, 94 pp.
- ASTÚA, D. & D. Q. GUERRA. 2008. Caatinga bats in the Mammal Collection of the Universidade Federal de Pernambuco. *Chiroptera Neotropical*, 14: 326-338.
- AZEVEDO, I. S., & E. BERNARD. 2015. Avaliação do nível de relevância e estado de conservação da caverna “Meu Rei” no PARNA Catimbau, Pernambuco. *Revista Brasileira de Espeleologia*, 1: 1-23.
- BARBIER, E; BERNARD, E. & DANTAS-TORRES, F. 2020. Ecology of Antricola ticks in a bat cave in north-eastern Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 82: 255–264.
- BARBIER, E., G. GRACIOLLI, & E. BERNARD. 2018. Structure and composition of Nycteribiidae and Streblidae flies on bats along an environmental gradient in Northeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 97: 409-418.
- CORDERO-SCHMIDT, E., E. BARBIER, J. C. VARGAS-MENA, P. P. OLIVEIRA, F. A. R. SANTOS, R. A. MEDELLÍN, B. R. HERRERA, & E. M. VENTICINQUE. 2017. Natural History of the Caatinga Endemic Vieira's Flower Bat, *Xeronycteris vieirai*. *Acta Chiropterologica*, 19: 399-408.

CUNHA, A. O. B., J. D. P. BEZERRA, T. G. L. OLIVEIRA, E. BARBIER, E. BERNARD, A. R. MACHADO & C. M. SOUZA-MOTTA. 2020. Living in the dark: Bat caves as hotspots of fungal diversity. PLoS ONE, 15: e0243494.

DELGADO-JARAMILLO, M., E. BARBIER, & E. BERNARD. 2017. New records, potential distribution, and conservation of the Near Threatened cave bat *Natalus macrourus* in Brazil. Oryx, 52: 1-8.

DOMINGOS-MELO, A., P. MILET-PINHEIRO, D. M. D. A. F. NAVARRO, A. V. LOPES, & I. C. MACHADO. 2020. It's raining fragrant nectar in the Caatinga: evidence of nectar olfactory signaling in bat-pollinated flowers. Ecology, 101: e02914

FEIJÓ, A., P. A. ROCHA & S. L. ALTHOFF. 2015. New species of *Histiotus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from northeastern Brazil. Zootaxa, 4048: 412–427.

FEIJÓ, A. & P. A. ROCHA. 2017. Morcegos da Estação Ecológica Aiuaba, Ceará, nordeste do Brasil: uma unidade de proteção integral na caatinga. Mastozoología Neotropical, 24: 333-346.

FEIJÓ, A., P.A. ROCHA, & S.F. FERRARI. 2015. How do we identify *Micronycteris* (*Schizonycetris*) *sanborni* Simmons, 1996 (Chiroptera, Phyllostomidae) reliably and where we can find this species in Brazil?. Papéis Avulsos de Zoologia, 55: 269-280.

GARBINO, G. S. T., K. L. BURTON & V. C. TAVARES. 2020. Systematics of big-eyed bats, genus *Chiroderma* Peters, 1860 (Chiroptera: Phyllostomidae) Zootaxa, 4846: 001–093.

- GARDNER, A. L. 2007. Mammals of South America: Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. 1st edition. University of Chicago Press, Chicago.
- GREGORIN R., A.P. CARMIGNOTTO, & A.R. PERCEQUILLO. 2008. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das Confusões, nordeste do Brasil. *Chiroptera Neotropical*, 14: 366–383.
- GREGORIN, R., & A. D. DITCHFIELD. 2005. New genus and species of nectar-feeding bat in the tribe Lonchophyllini (Phyllostomidae: Glossophaginae) from northeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 86: 403–414.
- GUEDES, P. C., S. P. S. SILVA, A. R. CAMARDELLA, M. F. G. ABREU, D.M. BORGES-NOJORA, J. A. G. SILVA, & A. A. SILVA. 2000. Diversidade de mamíferos do Parque Nacional de Ubajara (Ceará, Brasil). *Mastozoologia Neotropical*, 7: 95-100.
- GUERRA, D. Q. 2007. Chiroptera de Pernambuco: distribuição e aspectos biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.
- GUIMARÃES, M. M. & R.L. FERREIRA. 2019. Potential distribution of cave bats as a tool for locating caves areas. *Espeleo-Tema*, 29: 121-135.
- HINTZE, F., E. BERNARD, L. M. S. AGUIAR, M. J. R. PEREIRA, P. BOBROWIEC, & F. FALCÃO. 2019. Comitê de Bioacústica da Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (SBEQ). Disponível em: <https://www.sbeq.net/bioacustica>.

HINTZE, F., A. ARIAS-AGUILAR, L. DIAS-SILVA, M. DELGADO-JARAMILLO, C. R. SILVA, T. JUCA, F. L. MISCHIATTI, M. ALMEIDA, B. BEZERRA, L. M. S. AGUIAR, M. J. R. PEREIRA, & E. BERNARD. Molossid unlimited: extraordinary extension of range and unusual vocalization patterns of the bat, *Promops centralis*. Journal of Mammalogy, 2019.

IBDF. 1981. Plano de Manejo: Parque Nacional de Ubajara. IBDF, Brasília, 145 pp.

ITO, F., E. BERNARD, & R. A. TORRES. 2016. What is for dinner? First report of human blood in the diet of the Hairy-Legged Vampire Bat. Acta Chiropterologica, 18; 509-515.

LEAL, E.S.B., & A.G.M. COELHO. 2019. Deoclécio de Queiróz Guerra Filho e as origens da Mastozoologia e Quiropterologia na região Nordeste do Brasil e no estado de Pernambuco. Revista Nordestina de Zoologia, 12: 1-17.

LEAL, E.S.B., & D.F. RAMALHO. 2021. First record of albinism in a mustached bat (Chiroptera, Mormoopidae) from South America. Notas sobre Mamíferos Sudamericanos, 3: e21.3.1.

LEITE FILHO, E., A. FEIJÓ, & P. A. ROCHA. 2014. Opportunistic predation on bats trapped in mist nets by *Leptodactylus vastus* (Anura: Leptodactylidae). Biotemas, 27: 205-208.

MARES, M. A., M. R. WILLIG, & T. E. LACHER JR. 1985. The role of the Brazilian Caatinga in South American biogeography: Tropical mammals in a dry region. Journal of Biogeography, 12: 297-332.

MARES, M. A., M. R. WILLIG, K. E. STREILEIN, & T. E. LACHER JR. 1981. The mammals of northeastern Brazil: a preliminary assessment. *Annals of Carnegie Museum*, 50: 81-137.

MORATELLI, R., & D. DIAS. 2015. A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from the Caatinga of Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae, Vespertilionidae). *ZooKeys*, 94: 650-656.

MUÑOZ-LEAL, S., E. BARBIER, F. A. M. SOARES, E. BERNARD, M. B. LABRUNA, & F. DANTAS-TORRES. 2018. New records of ticks infesting bats in Brazil, with observations on the first nymphal stage of *Ornithodoros hasei*. *Experimental and Applied Acarology*, 76: 537-549.

NOVAES, R.L.M. 2012. Morcegos e cavernas: uma história escondida de evolução, conservação e preconceito. *Ciência Hoje*, 294: 40-44.

NOVAES, R. L. M., & R. S. LAURINDO. 2014. Morcegos da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 54: 315-328.

OLIVEIRA, J. A., P. R. GONÇALVES, & C. R. BONVINCINO. 2003. Mamíferos da Caatinga. *Ecologia e Conservação da Caatinga*. (LEAL, I. R., M. TABARELLI, & J. M. C. SILVA, Eds). EDUFPE: Recife.

OTÁLORA-ARDILA, A., J. M. TORRES, E. S. BARBIER, N. T. PIMENTEL, E.S.B. LEAL, & E. BERNARD. 2019. Species richness and abundance variation in a bat cave in Brazil's Caatinga drylands. *Acta Chiropterologica*, 21: 411-423.

PAVAN, A.C., & V.C. TAVARES. 2020. *Pteronotus gymnonotus* (Chiroptera: Mormoopidae). *Mammalian Species* 52:40–48.

PICCININI, R. S. 1974. Lista provisória dos quirópteros da coleção do Museu Paraense Emílio Goeldi (Chiroptera). Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi -Série Zoologia, 77: 1-32.

PINTO-DA-ROCHA, R. 1995. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907 - 1994). Papéis Avulsos de Zoologia, 39: 61–163.

RIOS, G.F.P., R. J. SÁ-NETO, & G. GRACIOLLI. 2008. Fauna de Dípteros Parasitas de Morcegos em uma área de Caatinga do nordeste do Brasil. Chiroptera Neotropical, (1): 339-345

ROCHA, E. A., I. C. MACHADO, & D. C. ZAPPI. 2007. Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the “Caatinga” in northeastern Brazil. Bradleya, 25: 125-128.

ROCHA, P.A., A. FEIJÓ, M.A. PEDROSO, & S.F. FERRARI. 2015. First record of the big free-tailed bat, *Nyctinomops macrotis* (Chiroptera, Molossidae), for the semi-arid Caatinga scrublands of northeastern Brazil. Mastozoología Neotropical, 22: 195-200.

SAZIMA, I., L. D. VIZOTTO, & V.A. TADDEI. 1978. Uma nova especie de *Lonchophylla* da Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). Revista Brasileira de Biologia, 38:81–89.

SAZIMA, I., & W. UIEDA. 1978. Presence D´*Artibeus concolor* dans lê nord-est du Bresil (Chiropteres, Phyllostomidae). Mammalia, 42: 255-256.

SBRAGIA, I.A., & A. CARDOZO. 2008. Quiróptero fauna (Mammalia: Chiroptera) cavernícola da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. Chiroptera Neotropical, 14: 360-365.

SILVA, C. R. & E. BERNARD. 2017. Bioacoustics as an Important Complementary Tool in Bat Inventories in the Caatinga Drylands of Brazil. *Acta Chiropterologica*, 19: 409-418.

SILVA, M.S., & R.L. FERREIRA. 2009. Caracterização ecológica de algumas cavernas do Parque Nacional de Ubajara (Ceará) com considerações sobre o turismo nessas cavidades. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9: 59-71.

SILVA, S. S. P., P. G. GUEDES, & A. L. PERACCHI. 2001. Levantamento preliminar dos morcegos do Parque Nacional de Ubajara (Mammalia, Chiroptera), Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: 139-144.

SOUSA, M. A. N., A. R. LANGGUTH, & E. A. GIMENEZ. 2004. Mamíferos de Brejos de Altitude Paraíba e Pernambuco. Brejos de Altitude: história natural, ecologia e conservação. (PORTO, K., J. J. P. CABRAL, & TABARELLI, M., org). Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF.

TADDEI, V.A., & B.K. LIM. 2010. A new species of *Chiroderma* (Chiroptera, Phyllostomidae) from Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70: 381-386.

TADDEI, V.A., L. D. VIZOTTO, & I. SAZIMA. 1978. Notas sobre *Lionycteris* e *Lonchophylla* nas coleções do Museu Paraense Emílio Goeldi (Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Zoológica*, 92: 1–14.

TADDEI, V.A., L. D. VIZOTTO, & I. SAZIMA. 1983. Uma nova espécie de *Lonchophylla* do Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae). *Ciência e Cultura*, 35: 625–629.

- THOMAS, O. 1910. On mammals collected in Ceará N. E. Brazil, by Fräulein Dr. Snethlage. *Annals and Magazine of Natural History*, 8:500-503.
- TORRES, J. M. 2016. 145f. Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco. Mestrado (Biologia Animal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- UIEDA, W., I. SAZIMA, & A. STORTI-FILHO. 1980. Aspectos da biologia do morcego *Furipterus horrens*. *Revista Brasileira de Biologia*, 40: 59-66.
- TRAJANO, E. 1987. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. *Revista Brasileira de Zoologia*, 3: 533-561.
- VARGAS-MENA, J. C., K. ALVES-PEREIRA, M. A. S. BARROS, E. BARBIER, E. CORDERO-SCHMIDT, S. M. Q. LIMA, B. RODRÍGUEZ-HERRERA, & E. M. VENTICINQUE. 2018b. The bats of Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 18: e20170417
- VARGAS-MENA, J. C., E. CORDERO-SCHMIDT, D. M. BENTO, B. RODRIGUEZ-HERRERA, R. A. MEDELLÍN, & E. M. VENTICINQUE. 2018a. Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte state. *Mastozoología Neotropical*, 25:199-212.
- VARGAS-MENA, J. C., E. CORDERO-SCHMIDT, B. RODRIGUEZ-HERRERA, R. A. MEDELLÍN, D. M. BENTO, & E. M. VENTICINQUE. 2020. Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. *Journal of Mammalogy*:1–12.

- VOGEL, S., A. V. LOPES, & I. C. MACHADO. 2005. Bat pollination in the NE Brazilian endemic *Mimosa lewisii*: An unusual case and first report for the genus. *Taxon*, 54: 693-700
- VOGEL, S., I. C. MACHADO, & A. V. LOPES. 2004. *Harpochilus neesianus* and other novel cases of chiropterophily in Neotropical Acanthaceae. *Taxon*, 1: 55-60.
- WEBER, M. M., R. L. M. NOVAES, M. DELGADO-JARAMILLO, E. BARBIER, V. C. CLÁUDIO, E. BERNARD, & R. MORATELLI. 2019. Is *Myotis lavalii* (Chiroptera, Vespertilionidae) endemic to the South American dry diagonal? *Journal of Mammalogy*, 100: 1879–18
- WILLIG, M. R. 1983. Composition, microgeographic variation, and sexual dimorphism in Caatingas and Cerrado bat communities from northeast Brazil. *Bulletin of Carnegie Museum of Natural History*, 23: 1–131.
- WILLIG, M. R. 1985. Reproductive patterns of bats from Caatinga and Cerrado biomes in northeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 66: 668-681.

**5 MOBILITY OF BATS BETWEEN CAVES: ECOLOGICAL ASPECTS AND
IMPLICATIONS FOR CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL LICENSING
ACTIVITIES IN BRAZIL**

Observação: Devido ao fato do terceiro manuscrito já ter sido publicado, optou-se por incluir o artigo resultante no Apêndice A.

APÊNDICE A – MANUSCRITO 3



Mobility of bats between caves: ecological aspects and implications for conservation and environmental licensing activities in Brazil

Edson Silva Barbosa Leal & Enrico Bernard

To cite this article: Edson Silva Barbosa Leal & Enrico Bernard (2021): Mobility of bats between caves: ecological aspects and implications for conservation and environmental licensing activities in Brazil, *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, DOI: [10.1080/01650521.2021.1964910](https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1964910)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1964910>



Published online: 17 Aug 2021.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

ORIGINAL ARTICLE



Mobility of bats between caves: ecological aspects and implications for conservation and environmental licensing activities in Brazil

Edson Silva Barbosa Leal^{a,b} and Enrico Bernard ^b

^aPrograma de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil; ^bLaboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brazil

ABSTRACT

Bats are highly mobile animals, moving rapidly over long distances. Detecting such movements is challenging, especially in cave areas, a commonly-used roost by bats. Brazil has a large number of caves and bat species, but details on bat mobility among caves is still poorly documented there. Such monitoring provides insights on the structuring and conservation of cave-dwelling communities, with possible legal implications for the environmental licensing in Brazil. Based on marking (2,490 bats captured; 2,142 marked) and recapture (35 events; 14 extra-site), here we present data on the mobility of mormoopid bats between two bat caves 15 km apart in north-eastern Brazil. Sexual segregation between caves may explain mobility: one cave is likely a maternity roost; the other is a satellite cave used for copulae. Nomadic behavior due to seasonal distribution of resources in the semi-arid Northeastern Brazil cannot be ruled out. Based on the distance between the two caves, bats could potentially forage over an area of ~170,000 hectares, in a wider use of the landscape. Our data have implications for the conservation of bat species and their roosts, and contribute to a more evidence-based discussion of key concepts governing the environmental licensing of mining activities in Brazil.

ARTICLE HISTORY

Received 7 May 2021
Accepted 2 August 2021

KEYWORDS

Animal mobility; Caatinga drylands; chiroptera; habitat use; mark-recapture; *Pteronotus*

Introduction

Moving is an essential part of most of a vertebrate's life. Bats, in particular, are highly mobile, capable of flying rapidly over long distances during foraging, with evidence of latitudinal and altitudinal migrations available for species of the families Molossidae, Mormoopidae, Phyllostomidae, Noctilionidae, and Vespertilionidae, in both temperate and tropical environments (e.g. Bernard & Fenton 2003; Esbérard et al. 2011, 2017; Krauel & McCracken 2013; Arnone et al. 2016; Pavan 2019; Alcalde et al. 2020). Body size, diet, and thermoregulatory capacity, together with external factors linked to climate, variations in the ambient temperature, or even fluctuations in the availability of feeding resources, may influence bat mobility among different areas (Lewis 1995; O'Mara et al. 2014).

Detecting long-distance movements among bats is challenging: radio-tracking is physically demanding and logistically constrained by transmitters with small size batteries; most of the species are too small to carry the current GPS transmitters; and to be effective tagging studies requires large number of marked individuals, but frequently resulting in very low recapture rates (O'Mara et al. 2014). This situation is even more

challenging in biodiversity-rich, but poorly sampled places, like most of the countries in the Neotropics. This is the case of Brazil, a continental-sized country, but where the detection of long-distance bat movements is compromised by the lack of a national bat-tagging program (Barros et al. 2012). The lack of a program of this type means that many fundamental questions persist, such as whether any of the country's bat species actually undergo migrations (Bernard et al. 2012). Most of the available data on bat movements in Brazil have been derived from marking and recapture studies, which tend to detect limited distance movements, typically in urban landscapes or fragmented forests, or between islands and the mainland (Bernard & Fenton 2003; Bianconi et al. 2006; Costa et al. 2006; Albrecht et al. 2007; Menezes et al. 2008; Esbérard et al. 2017). Even so, the data on bat movements and landscape use for bats in Brazil are still scarce, focusing primarily on short-distance flights, and on a small number of species (Bernard & Fenton 2003; Lourenço 2011; Aguiar et al. 2014).

In karst geological formations, where caves are abundant, bats may undertake movements in search of new or better roosting conditions (Kunz 1982). Bat

presence and mobility are among the main factors affecting the diversity and structure of cave assemblages (Ferreira 2019; Barros et al. 2020a). Entire cave ecosystems depend on the guano produced by bats and may be profoundly affected by their daily movements. Such mobility may contribute to an increase in the species richness of each cave (Vargas-Mena et al. 2020), and influence their ecological relationships with other organisms, from fungi (Cunha et al. 2020) to parasites (Barbier et al. 2018).

Brazil has 181 species of bats (Garbino et al. 2020) and an estimated 310,000 caves (Auler & Piló 2011) but, still, roost mobility by bats in karstic regions has received very little attention in the country (Campanha & Fowler 1993; Trajano 1996; Bredt et al. 1999; Vargas-Mena et al. 2020). Such large scientific and data gaps are detrimental and must be overcome given that the monitoring of movements between roosts may provide important insights for the understanding of the structure of cave-dwelling assemblages, and for the ecology and conservation of species, their roosts, and cave ecosystems in general (Furey & Racey 2016; Barros et al. 2020a). Moreover, caves with a high level of bat mobility may form a single habitat unit, i.e. a set of caves with distinct entrances located close or separated in the landscape by kilometers apart, but connected through the translocation of bats for shelter and reproduction purposes (Campanha & Fowler 1993; Delfín et al. 2011), meaning that negative impacts on one cave may have specific consequences for other caves within the same region (Trajano 2013; Calderón-Capote et al. 2020). A habitat unit is defined as Therefore,

understanding the mobility of cave-dwelling bats may also have legal implications in Brazil, especially during the environmental licensing in the mining sector, for example (Brasil 2008; MMA 2017).

In this study, we present data from a long-term monitoring of two bat caves in the Caatinga drylands of northeastern Brazil. Based on capture, marking, and recapture in both caves, we demonstrated the occurrence of mobility between these roosts. We discuss the causes and consequences of such mobility. Our data have implications for the conservation of both the bats and their roosts, and also contribute to a more evidence-based discussion of the key concepts governing the federal environmental licensing of mining activities in Brazil.

Materials and methods

Bats were marked during a monitoring of two caves in the Catimbau National Park (*Parque Nacional do Catimbau* – hereafter PNC) and the neighboring Kapinawá Indigenous Land (*Terra Indígena Kapinawá* – hereafter TIK) (Figure 1). The PNC (37°20'50" S, 8°30'14" W) has an area of 62,294 hectares and includes parts of the municipalities of Buíque, Tupanatinga, and Ibimirim, in the state of Pernambuco, northeastern Brazil. The study region presents seasonal rains between March and July, a mean annual rainfall of 800 mm and mean annual temperature of 23°C (SNE 2002). The local vegetation is composed by a mosaic of *caatinga* forests with herbaceous (height < 2 m), shrubby (2–5 m), and

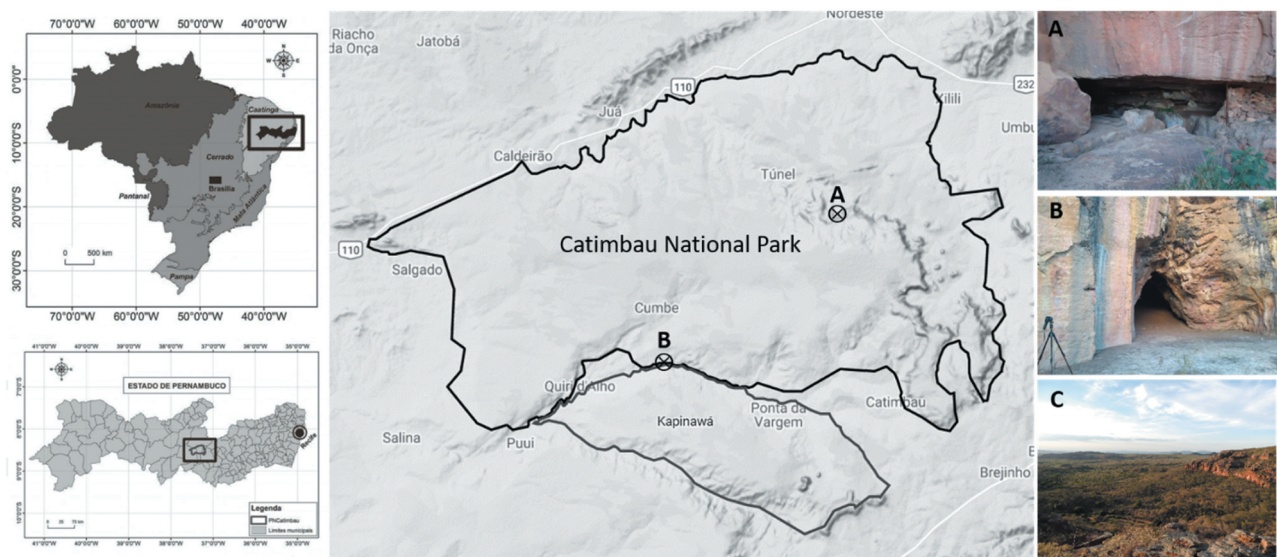


Figure 1. Catimbau National Park and the adjacent Kapinawá Indigenous Land, in Pernambuco state, northeastern Brazil. Caves Meu Rei (a) and Furna dos Morcegos (b) are 15 km apart. In (C), a typical view of the Caatinga drylands surrounding the caves, with rock cliffs, walls and outcrops characteristics of the Catimbau area.

arboreal strata (8–12 m), plus seasonal forest, enclaves of humid forest, and rock fields (Gomes et al. 2006).

Most of the natural caves in the Catimbau region are formed in sedimentary rocks, composed of sandstone and conglomerates (SNE 2002). Despite the speleological potential of the region, caves found in the Catimbau area are poorly known and have been the subject of only limited speleobiological research (SNE 2002). Two caves were studied (Figure 1). Meu Rei (37°16'48" S, 8°29'12" W) is a bat cave at 777 m above sea level (asl), with a length of 162 m, a single entrance, an area of approximately 5,300 m². Ten species of three bat families have been observed inhabiting this cave, with a fluctuating colony of *Pteronotus gymnonotus* (Mormoopidae) which may contain as many as 120,000 bats (Otálora-Ardila et al. 2019). Two of the other species found in this cave, *Lonchorhina aurita* and *Natalus macrourus* are classified as vulnerable to extinction in Brazil (Brasil 2018). The second cave, Furna do Morcego (37°22'55" S, 8°34'14" W; 557 m asl) was identified in the southern extreme of the PNC, at the border with the TIK. This cave is 44 m in length, with a single entrance, and an area of 200 m². Five bat species from two families were recorded in this cave, with a large colony composed by *P. gymnonotus* and *P. personatus*.

A total of 17 months of sampling were conducted between March 2018 and January 2020 (9 months in 2018, seven in 2019, and one in 2020), including 11 dry season months and six in the rainy season. No trapping was conducted in May 2018 or in March, June, July, September, or December 2019. Capture-marking-recapture of bats were conducted between March 2018 and January 2020 at both caves, using a harp trap (1.50 m × 1.50 m) deployed at the entrance of the Furna do Morcego cave and within one of the chambers in the cave Meu Rei prior to the nightly emergence of the bats. Bats were also captured within of the caves and near entrances using hand-nets. The harp trap was installed once a month in each cave, constantly inspected during the sampling period to remove bats, and left open until the flux of emergency ceased nearly 40–45 minutes later. Visual inspections in the caves confirmed that most – sometimes all – bats had emerged.

Once captured, the bats were placed in cloth sacks for processing, which included the identification of the species, the individual's sex, age, and reproductive condition, and the measurement of its forearm length and body mass (Gardner 2007; Díaz et al. 2016). Each bat was fitted with a plastic or stainless-steel collar

(Handley et al. 1991; Esbérard & Daemon 1999) with an individually numbered band, and released at the capture site. Juveniles were not marked.

The linear distance between caves was obtained using Google Earth (<https://earth.google.com/>), and we used that distance to estimate a minimum potential foraging area, delimited as a circle, using the formula: $A = \pi \times r^2$, where A = the area of the circle, r = its radius (the flight distance we detected), and $\pi = 3.14$. The rationale for such estimation was to minimally demonstrate how far those bats could move away from their roosting caves, adopting the distance between capture and recapture sites as a radius for a buffer area around roosts. The distance bats are detected far from their cave roosts may have legal implications during the environmental licensing of mining activities in Brazil (see the topic *Conservation and legal implications* in the Discussion).

The bats were captured and handled in the field following the guidelines of the American Society of Mammalogists (Sikes & the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists 2016). All the procedures used in the present study were approved in September 2018 by the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA) of the Federal University of Pernambuco in Recife (process 0011/2018). The license for the capture of specimens and collection of zoological material was issued by SISBIO (number 62738–1).

Results

Species richness and composition

The 34 sampling sessions divided between the two bat caves resulted in the capture of 2,490 bats, of which, 1,835 at Furna do Morcego cave and 655 at Meu Rei cave (Table 1). A total of 10 taxa were recorded, distributed in eight genera and three families (Table 2), of which the Mormoopidae (2 species/2 genera/2,414 individuals) was the most abundant and frequent, contributing approximately 97% of the captures. The other 76 bats belonged to the families Phyllostomidae (6 species/6 genera/73 individuals) and Natalidae (1 species/1 genus/3 individuals). Five species (*Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *Tonatia bidens*, *N. macrourus*, and *L. aurita*) were recorded only at Meu Rei cave, and two, *Lonchophylla* sp. and *Glossophaga soricina* were exclusive to Furna do Morcego. The other three species (*Carollia perspicillata*, *P. gymnonotus*, and *P. personatus*) were recorded at both sites (Table 2).

Table 1. Summary of the marking, recapture, and recovery of tagged bats (intra- and extra-site) in two bat caves in the sandstone karst formation of the Catimbau National Park, Pernambuco state, northeastern Brazil, between March 2018 and January 2020.

	Cave		Total
	Meu Rei	Furna do Morcego	
Bats captured	655	1,835	2,490
Bats marked	612	1,530	2,142
Bats recaptured intra-site	4	8	12
Collars recovered intra-site	8	1	9
Marking-recapture interval (days)	24–163	36–338	-
Marking-recovery interval (days) *	23–56	0–302	-
Bats recaptured extra-site	0	5	5
Collars recovered extra-site	3	6	9
Marking-recapture interval (days)	0	39–248	-
Marking-recovery interval (days) *	226–300	33–132	-

*Collars may have remained on the ground for some time before being detected by the observer.

Table 2. Number of bats captured, marked, and recaptured or recovered (collars) in the sandstone karst of the Catimbau National Park, Pernambuco state, northeastern Brazil, between March 2018 and January 2020. Cp = captured, Mk = marked, Rc = recaptured, Cr = collar recovered.

	Bat cave							
	Meu Rei				Furna do Morcego			
	Cp	Mk	Rc	Cr	Cp	Mk	Rc	Cr
Family/Species								
Phyllostomidae								
<i>Carollia perspicillata</i>	36	22	-	-	2	2	-	-
<i>Desmodus rotundus</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Diphylla ecaudata</i>	23	13	2	-	-	-	-	-
<i>Glossophaga soricina</i>	-	-	-	-	4	4	-	-
<i>Lonchophylla</i> sp.	-	-	-	-	1	-	-	-
<i>Lonchorhina aurita</i>	5	5	-	-	-	-	-	-
<i>Tonatia bidens</i>	1	1	-	-	-	-	-	-
Mormoopidae								
<i>Pteronotus gymnonotus</i>	577	559	2	11	1,697	1,442	13	7
<i>Pteronotus personatus</i>	9	8	-	-	131	82	-	-
Natalidae								
<i>Natalus macrourus</i>	3	3	-	-	-	-	-	-
Total individuals	655	612	4	11	1,835	1,530	13	7
Total species	8	8	2	1	5	4	1	1

Reproductive conditions

– Considering 2,001 bats for which we were able to collect reproductive data, overall, males accounted for most of the total captures at both caves (67.0% at Meu Rei; 50.7% at Furna do Morcego – Table 3). The overall male: female ratio was 2.04, but ratios varied between caves and months: Furna do Morcego had lower ratios for almost the entire sampling period, indicating the prevalence of females; at Meu Rei, in September 2018 and February 2019, the male: female ratio was twice of that observed at Furna do Morcego (Figure 2). Furna do Morcego maintained a more constant population, while stronger fluctuations were observed at Meu Rei, with almost no bats between October and December 2019. Males with scrotal testicles accounted

for 35.9% of the total captures at Meu Rei, and 25.6% at Furna do Morcego. Non-reproductive females were detected along the entire sampling period at Furna do Morcego, but not at Meu Rei, where they were sporadically detected. While pregnant females were observed at Meu Rei only in January 2020, at Furna do Morcego they were present in October, November, December 2019, and January 2020. Lactating and post-lactating females were detected at both caves in April, May, and June 2019.

Marking and recaptures

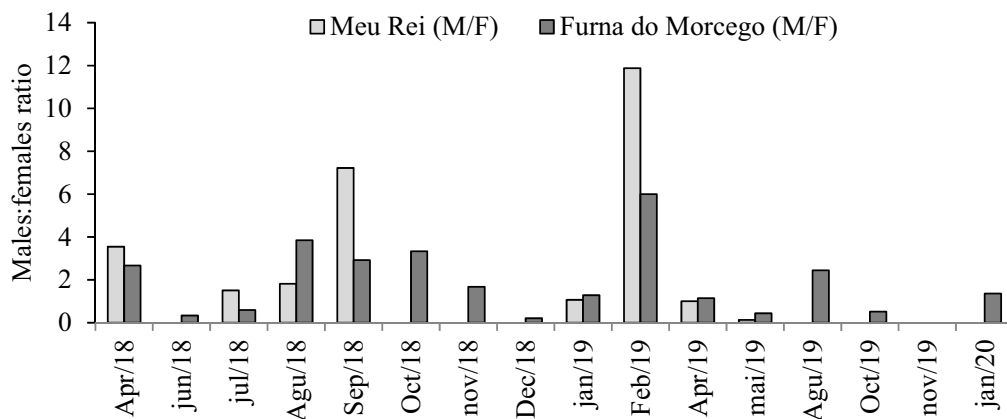
– A total of 2,142 bats were marked, of which, 1,530 (belonging to four species) were captured at Furna do Morcego cave, and 612 (representing eight species) were captured at Meu Rei (Tables 1 and 2). Seventeen marked bats were recaptured (0.79%); two *D. ecaudata* and 15 *P. gymnonotus*. In addition to these recaptures, 18 banded metal collars were found abandoned, 14 in Meu Rei cave and four at the entrance of Furna do Morcego cave. All these collars had been set on bats of the species *P. gymnonotus* (Tables 1 and 4).

Considering both recaptures and recovered collars, 21 were collected intra-site (12 recaptures and nine recoveries) and 14 were extra-site (five recaptures and nine recoveries). All 14 extra-site cases were *P. gymnonotus* (Tables 1 and 2), of which, 11 were individuals marked at Furna do Morcego (Table 4), that were either recaptured (five) or had their collars recovered (six) at Meu Rei cave at intervals of between 39 and 248 days (recaptures) and 33 – 132 days (collars). The collars of three individuals marked at Meu Rei cave were recovered at Furna do Morcego, at intervals of between 226 and 300 days (Table 4). At Meu Rei cave, the collars were recovered from the chamber in which the largest aggregation of *P. gymnonotus* and *P. personatus* was found. At Furna do Morcego, the collars were recovered from the ground under the crown of a mesquite tree, *Prosopis juliflora* (Fabaceae), near the cave entrance.

Eight of the 12 intra-sites recaptures were of *P. gymnonotus* at Furna do Morcego, at intervals of 27–338 days, while the other four were at Meu Rei cave, including two *P. gymnonotus* (24 and 57 days between marking and recapture) and two *D. ecaudata* (107 and 163 days). The eight collars recovered from Meu Rei cave were found between 23 and 56 days after the bat was marked, and the only collar recovered from Furna do Morcego cave was found 302 days after the bat was marked (Table 4). In all cases, the species was *P. gymnonotus*.

Table 3. Reproductive condition of individuals of *Pteronotus gymnonotus* at Meu Rei and Furna do Morcegos bat caves in the Catimbau National Park, Pernambuco state, northeastern Brazil, between April 2018 and February 2020.

Meu Rei	Rainy Season			Dry Season								TOTAL
	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	
♂ Abdominal Testicles	29	3	1	28	29	20	4	0	0	50	10	174
♂ Scrotal Testicles	11	2	0	37	20	45	1	0	0	0	85	201
♂ Juveniles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
♀ Non-reproductive	9	5	0	43	27	9	0	0	0	7	7	107
♀ Pregnant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	40
♀ Post-Lactating	2	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
♀ Lactating	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
♀ Juveniles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Meu Rei	52	43	1	108	76	74	5	0	0	97	103	559
Furna do Morcego												
♂ Abdominal Testicles	28	54	13	42	42	30	49	41	5	53	2	359
♂ Scrotal Testicles	28	14	6	12	90	46	35	38	20	53	28	370
♂ Juveniles	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
♂ Subadults	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
♀ Non-reproductive	31	80	39	91	47	26	46	34	8	38	5	445
♀ Pregnant	0	0	0	0	0	0	2	13	113	44	0	172
♀ Post-Lactation	1	71	18	0	0	0	0	0	0	0	0	90
♀ Lactating	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
♀ Juveniles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Furna do Morcego	89	221	76	145	180	102	132	126	146	190	35	1442
Grand Total	141	264	77	253	256	176	137	126	146	287	138	2001

**Figure 2.** Male:female ratios for *Pteronotus gymnonotus* bats sampled at Meu Rei and Furna do Morcegos caves in the Catimbau National Park, Pernambuco state, northeastern Brazil, between April 2018 and February 2020.

Buffer area around roosts

– The recaptures and collar recoveries indicate that *P. gymnonotus* moved 15 km between caves, over a difference in altitude of 220 m (Figure 1). Most movements between caves (11) were from Furna do Morcego to Meu Rei, involving seven males with abdominal testicles and two with scrotal testicles, in addition to two adult females, one gestating and one with no sign of reproductive activity (Table 4). The movement in the opposite direction was confirmed by the three collars recovered from near the entrance of Furna do Morcego cave, which involved three adult males, two with abdominal testicles and one with scrotal testicles (Table 4). Using the distance of 15 km

between the caves as the radius, it was possible to estimate that the marked *P. gymnonotus* individuals would be capable of foraging over an area of at least 169,900 hectares.

Discussion

The marking-recapture of bats in the Caatinga drylands of northeastern Brazil confirmed the movement of bats of the species *Pteronotus gymnonotus* between caves 15 km apart. These caves are inhabited by substantial colonies of bats – up to 120,000 individuals in Meu Rei cave – which indicates the use of multiple roosts and long-distance movements by bats of this



Table 4. Sex, age, reproductive condition, body weight, and complementary data on the bats captured, marked and recaptured at two sandstone karst bat caves in the Catimbau National Park, Pernambuco state, northeastern Brazil, between March 2018 and January 2020. Ad = Adult; ♀ = female, ♂ = male; R.C. = Reproductive Condition; LC = Lactating; PL = Post-Lactating; GS = Gestating; NR = Non-Reproductive; AT = Abdominal Testicles; ST = Scrotal Testicles; Status: F = Fidelity, M = Mobility. (1) Collar lost and recovered in Meu Rei cave; (2) Collar lost and recovered in Furna do Morcego cave.

Species	Age	Sex	R.C.	Band number	Body Mass	Date Marked	Marking site	Recapture date	Recapture site	R.C.	Interval (days)	Status
<i>D. ecaudata</i>	Ad	♀	LC	GC096	38 g	29/04/2018	Meu Rei	14/08/2018	Meu Rei	PL	107	F
<i>D. ecaudata</i>	Ad	♀	LC	GC096	38 g	29/04/2018	Meu Rei	09/10/2018	Meu Rei	NR	163	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	-	559	13 g	14/08/2018	Meu Rei	07/09/2018	Meu Rei	AT	24	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC397	12 g	12/07/2018	Meu Rei	07/09/2018	Meu Rei	AT	57	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC720	13 g	05/09/2018	Furna do Morcego	11/10/2018	Furna do Morcego	AT	36	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC145	11.5 g	08/06/2018	Furna do Morcego	15/11/2018	Furna do Morcego	AT	160	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	NR	GC355	12 g	10/07/2018	Furna do Morcego	12/12/2018	Furna do Morcego	GS	128	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	GS	451	14 g	12/12/2018	Furna do Morcego	20/01/2019	Meu Rei	GS	39	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	GS	389	12.5 g	12/12/2018	Furna do Morcego	22/01/2019	Furna do Morcego	GS	41	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC676	11 g	05/09/2018	Furna do Morcego	25/02/2019	Meu Rei	ST	173	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC668	13.5 g	16/08/2018	Furna do Morcego	25/02/2019	Meu Rei	ST	193	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC004	11 g	27/04/2018	Furna do Morcego	06/09/2018	Meu Rei	AT	132	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC033	12 g	27/04/2018	Furna do Morcego	23/02/2019	Furna do Morcego	ST	302	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC060	12 g	29/04/2018	Meu Rei	23/02/2019	Furna do Morcego	ST	300	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC107	11 g	29/04/2018	Meu Rei	23/02/2019	Furna do Morcego	AT	300	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC214	12 g	10/07/2018	Furna do Morcego	06/09/2018	Meu Rei	AT	58	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC290	12 g	10/07/2018	Furna do Morcego	06/09/2018	Meu Rei	AT	58	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC311	11 g	10/07/2018	Furna do Morcego	06/09/2018	Meu Rei	AT	58	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	NR	GC349	12 g	10/07/2018	Furna do Morcego	08/10/2018	Meu Rei	NR	90	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC394	13 g	12/07/2018	Meu Rei	23/02/2019	Furna do Morcego	AT	226	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC418	12 g	12/07/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	AT	56	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC446	11 g	12/07/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	AT	56	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC509	12 g	14/08/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	AT	23	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC514	12.5 g	14/08/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	ST	23	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC521	12 g	14/08/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	ST	23	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	NR	GC522	12 g	14/08/2018	Meu Rei	06/09/2018	Meu Rei	NR	23	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♀	NR	GC572	12 g	14/08/2018	Meu Rei	08/10/2018	Meu Rei	NR	55	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC749	10.5 g	05/09/2018	Furna do Morcego	08/10/2018	Meu Rei	ST	33	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC789	13.5 g	07/09/2018	Furna do Morcego	08/10/2018	Meu Rei	ST	31	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	230	12.0 g	15/11/2018	Furna do Morcego	12/12/2018	Furna do Morcego	AT	27	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	224	12.5 g	15/11/2018	Furna do Morcego	11/05/2019	Meu Rei	ST	177	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	AT	GC686	10 g	05/09/2018	Furna do Morcego	11/05/2019	Meu Rei	AT	248	M
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	763	11 g	25/02/2019	Furna do Morcego	09/08/2019	Furna do Morcego	ST	165	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	GC698	11 g	05/09/2018	Furna do Morcego	09/08/2019	Furna do Morcego	ST	338	F
<i>P. gymnonotus</i>	Ad	♂	ST	1050	13 g	09/08/2019	Furna do Morcego	20/10/2019	Furna do Morcego	ST	72	F

species. Long-distance movements have been recorded previously in only three of the 18 bat species of the family Mormoopidae (*P. quadridens*, *P. psilotis*, and *P. mesoamericanus*), which are known to fly distances of 2–30 km between roosts and foraging areas (Pavan 2019). While there is some evidence of long-distance movements between diurnal roosts and foraging areas in *P. rubiginosus* and *P. parnellii*, no estimates of the distances involved are available (Lavariega & Briones-Salas 2016; Pavan 2019).

The few data available on bat movements in Brazil have been obtained on species of the families Phyllostomidae and Noctilionidae (Bernard & Fenton 2003; Lourenço 2011; Esbérard et al. 2017), but even then, data from northeastern Brazil are especially scant. Given this, the results of the present study provide the first estimates of the distance of displacement between diurnal roosts in *P. gymnonotus*, as well as details of roost fidelity, with estimates of use of 24–57 days for one cave (Meu Rei), and 27–338 days for the other (Furna do Morcego).

Records of site fidelity of *D. ecaudata* in Brazilian caves vary between 13 months (Kararaô cave, in Pará state – Zórtea et al. 2015) and 7 years (caves in Serra do Cipó, Minas Gerais – Martins 2018). Despite the lack of extra-site recaptures of marked individuals of this species in the present study, one marked individual was sighted in a third cave, the Furna de Mané Bento, approximately 19 km from cave Meu Rei. This individual probably came from Meu Rei cave. Movements of between 4.5 km and 30 km have been recorded in *D. ecaudata* (Lourenço 2011; Martins 2018).

Population fluctuations, roost fidelity, and the need for long-term monitoring

In general, in areas with a high concentration of caves, bats may present low levels of philopatry, given that, in theory, roosts would be occupied opportunistically, and would not be a limiting factor for the establishment of populations (Trajano 2013). However, cave selection by bats is not an aleatory process. Temperature is a limiting factor for several Neotropical bat species, whereas environmental stability, humidity, and structural attributes of caves favored the occurrence of more species (Barros et al. 2020a). Existing data also indicate that some species may remain in their diurnal roosts as a result of stress (Lewis 1995), presenting fidelity to sites within a small geographic area, but without any specific pattern of use, rarely visiting the same roost on consecutive days (Bianconi & Pedro 2007). However, familiarity with high-quality roosts may favor the persistence of species, like *P. gymnonotus*, that form

nursery colonies (Lewis 1995), with this behavior being reinforced during the reproductive process (Pavan 2019). In this case, fluctuations in the population, such as those observed in Meu Rei cave (Otálora-Ardila et al. 2019), but less drastically at Furna dos Morcegos, indicate that these caves are recognized as roosts with distinct characteristics by *P. gymnonotus* bats, which may use these sites in distinct ways. Our perception is that Furna dos Morcegos is a maternity roost, while Meu Rei is a satellite cave used for copulae. However, understanding the exact role of each of these caves in the reproductive dynamics of the species in this region would require more detailed, long-term studies.

Recapture data can strongly vary and may depend on several factors, from species marked and the landscape configuration, to the availability of feeding and roosting resources, and from methodological biases related to low numbers of bats initially marked, or even the frequency of recapture sessions (e.g. Sutherland 2006; Besbeas et al. 2002; Bernard & Fenton 2003). While low (0.79%), the recapture rate recorded in the present study was similar to that obtained by Zórtea et al. (2015), i.e. 0.89% for $n = 589$, in two Amazonian sandstone caves, but was otherwise much lower than the rates recorded at other Brazilian caves. Pereira (2018), for example, obtained a recapture rate of 2.9% ($n = 585$) at caves in Tocantins state, while Santos (2001) recorded a rate of 9% ($n = 1139$) at caves in southern Bahia. Trajano (1981) obtained a recapture rate of 23.6% ($n = 247$) in caves in the Ribeira Valley, in São Paulo state, while Arnone and Passos (2007) recorded a rate of 29.5% ($n = 125$) in a karst formation in Tunas and Cerro Azul, in Paraná, and Arnone (2008) reached a 30% recapture rate ($n = 1091$) in the Ribeira Valley.

The number of bats in a diurnal roost may vary among different times of the year, according to patterns of reproduction and mortality, behavioral parameters, intraspecific competition for prey, the use of alternative roosts (Lewis 1995) or even the seasonal movements or migration some individuals (Esbérard et al. 2003; Fleming & Eby 2003). Otálora-Ardila et al. (2019) detected peaks in the abundance of bats at Meu Rei, intercalated with periods of reduced abundance, which included the seasonal absence of some species, but without any clear overall cycle or pattern of use. Overall, the biota of the Caatinga appears to depend on the rainfall cycle in this region, and few species have physiological adaptations to water stress (Garda et al. 2018), as observed in some desert-dwelling rodents (Carmignotto & Astúa 2017). Some species do migrate to more humid environments within the Caatinga

during drier periods; however, while others may alter their activity cycle and diet, that is, a behavioral response to the lack of water typical of this biome (Garda et al. 2018). Despite this, Otálora-Ardila et al. (2019) found no evidence that rainfall patterns influenced the occupation of Meu Rei cave by bat colonies.

Data on the reproduction of bat species in the Caatinga are still scarce, although reproductive patterns in tropical bats typically coincide with the rainy season, when the increased availability of resources supports the energetic demands of lactation (Willig 1985; Feijó & Rocha 2017; Otálora-Ardila et al. 2019). Given this, we hypothesize that the use of bat caves by mormoopids in the Caatinga may be influenced by a combination of resource availability and reproductive factors. Even so, nomadic behavior cannot be ruled out, a pattern that would be related to the heterogeneous distribution of resources and the availability of vegetation cover found in different parts of the Caatinga during the rainy season (Garda et al. 2018). In fact, some Caatinga birds undertake regional migrations according to the distribution of the rains (Araújo & Silva 2017).

Climate models predict a reduction of up to 30% in the precipitation levels of the semi-arid zone of northeastern Brazil in the near future, with an increase in the frequency of severe droughts and the unpredictability of the rains (Torres et al. 2017). If the maintenance of large bat populations is linked in some way to the availability of water in the surrounding landscape, bat caves could act as environmental sentinels of climate change. The long-term permanence of bats in such caves – like at Furna dos Morcegos – could provide evidence that some bat colonies are more resistant to external environmental and climatic conditions when compared to other small vertebrates. This potential bioindicator role would reinforce the importance of long-term monitoring of the bat caves of the Brazilian Caatinga.

Conservation and legal implications

The movements recorded in the present study indicated that marked individuals of *P. gymnonotus* may range over areas of more than 169,900 hectares. This estimate indicates that some highly mobile organisms, such as some bat species, may range over areas that are larger than many small protected areas – the area of the Catimbau National Park, for example, is around 62,300 hectares. In fact, the data available from Brazilian studies indicate that some bat species are capable of ranging over areas of the order of hundreds of square kilometers. Bianconi et al. (2006) recorded

movements of up to 4.9 km, Bernard and Fenton (2003) observed distances of up to 13 km, Costa et al. (2006), up to 21.7 km, Menezes et al. (2008), 35 km, Esbérard et al. (2011) distances of up to 71.3 km, Arnone et al. (2016), up to 113 km, and Ruschi (1951) and Esbérard et al. (2017) recaptured bats at a distance of 120 km.

In a bioacoustic study in three protected areas of the Brazilian drylands – including the Catimbau National Park – Silva and Bernard (2017) found that *P. gymnonotus* may be more common in some areas than has been shown by captures with mist-nets. *Pteronotus gymnonotus* is considered to be an essentially cave-dwelling species (Guimarães & Ferreira 2014) and is the principal species responsible, together with *P. personatus*, for the formation of major aggregations (bat caves) in northeastern Brazil (Rocha et al. 2011; Feijó & Rocha 2017; Vargas-Mena et al. 2018; Otálora-Ardila et al. 2019). In the Meu Rei and Furna do Morcego caves, *P. gymnonotus* formed mixed colonies together with *P. personatus*, although the latter species contributed only 6% of the total captures (Table 2). Movements associated with sexual segregation are known to occur in bat species of the family Mormoopidae, with females forming exclusive ‘nursery colonies’ together with their young, while reproductive males are dispersed in the surrounding area (Herd 1983; Medina-Fitoria 2014; Pavan 2019). Given the ample mobility these species, it would be useful and necessary to investigate the possible reproductive connectivity of populations between the bat caves known to exist in the drylands of northeastern Brazil.

Where such sexual segregation exists, for the effective conservation of populations it would be necessary to preserve whole sets of caves that represent habitat units (Medellín et al. 2017). In this context, the movements of adult male *P. gymnonotus* with no clear reproductive signs, recorded in the present study, reinforce the possibility of reproductive movements between the Meu Rei and Furna do Morcego bats caves. The confirmation of the common use of caves separated by a considerable distance, as observed in the present study, would have important implications for the conservation of *P. gymnonotus* and the region’s bat caves, which may form, in fact, a network of roosts. In this case, protective measures would be needed to protect not just one cave, but the whole set of bat caves, at a landscape scale.

The Brazilian legislation on environmental licensing for the mining sector, for example, establishes the concept of the ‘direct area of influence of a cave’ (Brasil 2008; MMA 2017), which is defined as the area that encompasses the biotic and abiotic

elements, both on the surface and underground, which are necessary to maintain the ecological equilibrium and physical integrity of the cave environment (CONAMA 2004). In this context, the direct area of influence is an essential element for the preservation of a cave and its surroundings, but it is also fundamental to the environmental licensing of projects that involve potential impacts on natural caves in Brazil (Brasil 2008; MMA 2017). The legislation also establishes that the direct area of influence of a cave should be defined by the licensing agencies, which may demand specific studies for the identification of the exact area involved. Despite this, in practice, both licensing agencies and mining corporations have generally adopted a 250-m buffer zone around caves and few studies have supported the need for the establishment of a larger area (Barros et al. 2020b). Our data contribute to a more evidence-based discussion that a 250 m buffer around caves is clearly an underestimate and insufficient for an effective conservation of both bats and caves. Therefore, the area of direct influence of a cave, a key-concept governing federal regulations for the environmental licensing of mining activities in Brazil, must be reconsidered and discussed taking into account the available scientific information.

Acknowledgments

We are grateful to Ana Cláudia Jardelino, Anat Gordon, Éder Barbier, Felipe Gomes, Fernanda Ito, Frederico Hintze, Hadassa Caroliny, Jennifer Barros, Lucas Bueno, Narjara Pimentel, Tereza Martins Leal, Trent Halkins, Genivaldo Silva, and Clébio Rocha for their assistance during fieldwork. We thank Diego de Medeiros Bento (ICMBio/CECAV) for sharing data and information from an early speleological expedition in Catimbau. Rodrigo Ranulpho helped produce the maps. We would also like to thank Marcello Tabarelli and Inara Leal, coordinators of the Catimbau Long-Term Ecological Project (PELD), for logistic support. We are grateful to the Fundação Nacional do Índio (FUNAI) for authorizing research in the Kapinawá Indigenous Land. Field work was possible due to resources from the project “Bat Caves do Semiárido do Brasil,” in partnership with CEPAN, using financial resources from Anglo American, via CECAV/ICMBio, and resources from CNPq. This manuscript is part of the doctoral thesis of the first author at PPPGBA/UFPE and we are grateful to all constructive comments made by PPGBA member, in special to B. Bezerra Martins, P. M. Sales Nunes and F. Martins Aléssio. We thank CAPES for providing the first author with a doctoral grant. E. Bernard has a fellowship grant from CNPq. Three anonymous reviewers made very useful comments on an earlier version of this manuscript and we thank them for their time and effort.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

Funding

This study received financial resources of environmental compensation from Anglo American (Termo de Compromisso Ambiental 01/2016), via CECAV/ICMBio, and CEPAN. Resources from CNPq (479485/2013/5, 446201/2014/6) were also used. CAPES provided a doctorate grant to the first author.

ORCID

Enrico Bernard  <http://orcid.org/0000-0002-2304-1978>

References

- Aguiar LMS, Bernard E, Machado RB. 2014. Habitat use and movements of *Glossophaga soricina* and *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: phyllostomidae) in a Neotropical savannah. *Zoologia*. 31:223–229.
- Albrecht L, Meyer CFJ, Kalko EKV. 2007. Differential mobility in two small phyllostomid bats, *Artibeus watsoni* and *Micronycteris microtis*, in a fragmented Neotropical landscape. *Acta Theriol (Warsz)*. 52:141–149.
- Alcalde JT, Montserrat J, Brila I, Viesturs V, Voigt CC, Guñans P. 2020. Transcontinental 2200 km migration of a *Nathusius*’ pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) across Europe. *Mammalia*. 85:161–163.
- Araújo HFP, Silva JMC. 2017. The avifauna of the caatinga: biogeography, ecology, and conservation. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M, editors. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*. Berlin: Springer-Verlag. p. 181–210.
- Arnold IS. 2008. Estudo da comunidade de morcegos na área cárstica do Alto Ribeira – SP: uma comparação com 1980 [masters thesis]. Brazil: Universidade de São Paulo.
- Arnold IS, Passos FC. 2007. Estrutura de comunidade da quiroptero fauna (Mammalia, Chiroptera) no Parque Estadual de Campinhos, Paraná, Brasil. *Rev Bras Zool*. 24:573–581.
- Arnold IS, Trajano E, Pulchério-Leite A, Passos FC. 2016. Long-distance movement by a great fruit-eating bat, *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818), in southeastern Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae): evidence for migration in Neotropical bats? *Biota Neotropica*. 16:e0026.
- Auler A, Piló LB. 2011. Introdução à Espeleologia. In: III Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental. Belo Horizonte: Instituto Terra Brasilis. p. 7–23.
- Barbier E, Gracioli G, Bernard E. 2018. Structure and composition of Nycteribiidae and Streblidae flies on bats along an environmental gradient in Northeastern Brazil. *Can J Zool*. 97:409–418.
- Barros JS, Bernard E, Ferreira RL. 2020a. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. *Basic Appl Ecol*. 45:31–41.

- Barros JS, Milagres E, Gomes A, Guimarães MM, Dias-Silva L, Rocha PA, Tavares VC, Bernard E. 2020b. Análise de relevância de cavernas: uma revisão da IN 02/2017 sob a perspectiva dos morcegos. *Bol Soc Bras Mastozologia*. 89:126–134.
- Barros M, Luz J, Esbérard C. 2012. Situação atual da marcação de morcegos no Brasil e perspectivas para a criação de um programa nacional de anilhamento. *Chiroptera Neotrop*. 18:1074–1088.
- Bernard E, Aguiar LMS, Brito D, Cruz-Neto AP, Gregorin R, Machado RB, Oprea M, Paglia AP, Tavares VC. 2012. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. *Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação*, 2, 19–35.
- Bernard E, Fenton MB. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica*. 35:262–277.
- Besbeas P, Freeman SN, Morgan BJT, Catchpole EA. 2002. Integrating mark-recapture-recovery and census data to estimate animal abundance and demographic parameters. *Biometrics*. 58:540–547.
- Bianconi GV, Pedro WA. 2007. Família Vespertilionidae. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP, editors. *Morcegos do Brasil*. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina. p. 253.
- Bianconi GV, Mikich SB, Pedro WA. 2006. Movements of bats (Mammalia, Chiroptera) in atlantic forest remnants in southern Brazil. *Rev Bras Zool*. 23:1199–1206.
- Brasil. 2008. Decreto nº 6.640, de 7 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Brasília (DF): Diário Oficial da União. Accessed 2021 Mar 3. Availabel from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm
- Brasil. 2018. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-Ministério do Meio Ambiente (ICMBio/MMA). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II – Mamíferos /1. ed. Brasília, DF, ICMBio/MMA. Accessed 2021 Mar 3. Availabel from: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol2.pdf
- Bredt A, Uieda W, Magalhães ED. 1999. Morcegos cavernícolas do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil. *Rev Bras Zool*. 16:731–770. doi:10.1590/S0101-81751999000300012
- Calderón-Capote MC, Dechmann KDN, Fahr J, Vikelski M, Kays R, O'Mara MT. 2020. Foraging movements are density-independent among straw-coloured fruit bats. *R Soc Open Sci*. 7:200274.
- Campanha RAC, Fowler HG. 1993. Roosting assemblages of bats in arenitic caves in remnant fragments of Atlantic forest in Southeastern Brazil. *Biotropica*. 25:362–365.
- Carmignotto AP, Astúa D. 2017. Mammals of the Caatinga: diversity, Ecology, Biogeography, and Conservation. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M, editors. *Caatinga*. Cham: Springer. p. 211–254.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2004. RESOLUÇÃO CONAMA nº 347, de 10 de setembro de 2004. Accessed 2021 May 05. Availabel from: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/downloads/Legislacao/Res_CONAMA_347_2004.pdf
- Costa LM, Prata AFD, Moraes D, Conde CFV, Jordão-Nogueira T, Esbérard CEL. 2006. Deslocamento de *Artibeus fimbriatus* sobre o mar. *Chiroptera Neotrop*. 12:289–290.
- Cunha AOB, Bezerra JDP, Oliveira TGL, Barbier E, Bernard E, Machado AR, Souza-Motta CM. 2020. Living in the dark: bat caves as hotspots of fungal diversity. *PLoS One*. 15:e0243494.
- Delfín P, Ochoa J, Castillo Carmona AO. 2011. Santuario de fauna silvestre cuevas de Paraguaná, Venezuela: lineamientos técnicos para su diseño. *Terra Nueva Etapa*. 27:13–45.
- Díaz MM, Solari S, Aguirre LF, Aguiar LMS, Barquez RM. 2016. Clave de identificación de los murciélagos de sudamérica. Tucumán: Publicación Especial nº2, Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina.
- Esbérard CEL, Daemon C. 1999. Um novo método para marcação de morcegos. *Chiroptera Neotrop*. 5:116–117.
- Esbérard CEL, Godoy MSM, Renovato L, Carvalho WD. 2017. Novel long-distance movements by Neotropical bats (Mammalia: chiroptera: phyllostomidae) evidenced by recaptures in southeastern Brazil. *Stud Neotrop Fauna Environ*. 52:75–80.
- Esbérard CEL, Lima IP, Nobre PH, Althoff SL, Jordão-Nogueira T, Dias D, Carvalho F, Fabián ME, Sekiama ML, Sobrinho AS. 2011. Evidence of vertical migration in the Ipanema bat *Pygoderma bilabiatum* (Chiroptera: phyllostomidae: stenodermatinae). *Zoologia*. 28:717–724.
- Esbérard CEL, Motta AG, Oliveira DM, Areas AF, Rodrigues RTV, Bergallo HG. 2003. Observação de fidelidade ao abrigo de *Molossus rufus* no estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. *Chiroptera Neotrop*. 9:175–178.
- Feijó A, Rocha PA. 2017. Morcegos da Estação Ecológica Aiuaaba, Ceará, nordeste do Brasil: uma unidade de proteção integral na caatinga. *Mastozología Neotrop*. 24:333–346.
- Ferreira RL. 2019. Guano communities. In: White WB, Culver DC, Pipan T, editors. *Encyclopedia of caves*. 3rd ed. Cambridge:Cambridge Academic Press. p. 474–484.
- Fleming TH, Eby P. 2003. Ecology of bat migration. In: Kunz TH, Fenton MB, editors. *Bat ecology*. Chicago (Illinois): University of Chicago Press. p. 156–208.
- Furey N, Racey PA. 2016. Conservation ecology of cave bats. In: Voigt CC, Kingston T, editors. *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world*. Cham: Springer International Publishing. p. 463–500. doi:10.1007/978-3-319-25220-9_15
- Garbino GST, Gregorin R, Lima IP, Loureiro L, Moras LM, Moratelli R, Nogueira MR, Pavan AC, Tavares VC, Nascimento MC, et al. 2020. Updated checklist of Brazilian bats: versão 2020. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil—CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (Sbeq). Accessed 2021 Mar 31. Availabel from: <https://www.sbeq.net/lista-de-especies>
- Garda AA, Lion MB, Lima SMQ, Mesquita DO, Araújo HFP, Napoli MF. 2018. Os animais vetrebrados do Bioma Caatinga. *Cienc Cult*. 70:29–34.
- Gardner AL. 2007. Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. Chicago: University of Chicago Press.

- Gomes APS, Rodal MJN, Melo AL. 2006. Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifolia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. *Acta Bot Brasilica*. 20:37–48.
- Guimarães MM, Ferreira RL. 2014. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a conservação. *Rev Bras Espeleologia*. 2:1–33.
- Handley CO, Wilson Jr. DE, Gardner AL. 1991. Demography and natural history of the common fruit bat *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá. Washington: Smithsonian Contributions to Zoology.
- Herd RM. 1983. *Pteronotus parnellii*. *Mammal Species*. 209:1–5.
- Krauel JJ, McCracken GF. 2013. Recent advances in bat migration research. In: Adams RA, Pedersen SC, editors. *Bat evolution, ecology and conservation*. New York: Springer Science. p. 293–313.
- Kunz TH. 1982. Roosting Ecology of bats. In: Kunz TH, editor. *Ecology of bats*. New York: Plenum Press. p. 1–55.
- Lavariega MC, Briones-Salas M. 2016. Notes on bat movements in a fragmented landscape in the Tehuantepec Isthmus, Mexico. *Therya*. 7:321–332.
- Lewis SE. 1995. Roost fidelity of bats: a review. *J Mammal*. 76:481–496.
- Lourenço EC. 2011. Marcação-recaptura de morcegos: relevância e exemplos de estudos ecológicos [masters thesis]. Rio de Janeiro (Brazil): Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Martins M. 2018. Programa monitoramento e resgate de quirópteros - Anglo American - Minas Gerais. Relatório técnico de atividade – workshop de quiroptero fauna cavernícola. Sociedade Excursionista e Espeleológica, Ouro Preto. Accessed 2021 Mar 3 Available from: https://see.ufop.br/sites/default/files/see/files/relatorio_final_workshop_quiroptero_fauna_print.pdf?m=1577315128
- Medellín RA, Wiederholt R, Lopez-Hoffman L. 2017. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biol Conserv*. 211:45–50.
- Medina-Fitoria A. 2014. Murciélagos de Nicaragua: guía de campo. 1st ed. Managua (Nicaragua): PCMN/Marena. Editora Dirección de Biodiversidad.
- Menezes LF, Duarte AC, Novaes RLM, Façanha AC, Peracchi AL, Costa LM, Esbérard CEL. 2008. Deslocamento de *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Mammalia, Chiroptera) entre ilha e continente no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotrop*. 8:1–4.
- Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2017. Instrução Normativa/MMA nº 2, de 20/08/2009. Brasília: Diário Oficial da União. Estabelece metodologia para classificação do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas (regulamenta o art. 5º do Decreto nº 6.640/2008). Accessed 2021 Mar 3 Available from: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/IN%2002_MMA_criterios_210809.pdf
- O'Mara MT, Wikelski M, Dechmann DKN. 2014. 50 years of bat tracking: device attachment and future directions. *Methods Ecol Evol*. 5:311–319.
- Otálora-Ardila A, Torres JM, Barbier ES, Pimentel NT, Leal SBL, Bernard E. 2019. Species richness and abundance variation in a bat cave in Brazil's Caatinga Drylands. *Acta Chiropterol*. 21:411–423.
- Pavan AC. 2019. Family Mormoopidae (ghost-faced bats, naked-backed bats and mustached bats). In: Wilson DE, Mittermeier RA, editors. *Handbook of the mammals of the world*. Lynx Edicions in association with Conservation International and IUCN. p. 424–443.
- Pereira JSB. 2018. Ecologia e Conservação de morcegos (Chiroptera) em cavernas no sudeste do Tocantins, Brasil [masters thesis]. Lavras (Brazil): Universidade Federal de Lavras.
- Rocha PA, Feijó JA, Mikalauskas JS, Ferrari SF. 2011. First records of mormoopid bats (Chiroptera, Mormoopidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Mammalia*. 75:295–299.
- Ruschi A. 1951. Morcegos do Estado do Espírito Santo; família Desmodontinae. Chave analítica para os gêneros, espécies e subespécies representadas no E. E. Santo. Descrição de *Desmodus rotundus* e algumas observações a seu respeito. *Bol Mus Biol Mello Leitão*. 10:1–19.
- Santos BS. 2001. Ecologia e conservação de morcegos cavernícolas na Bacia Sedimentar do Rio Pardo – sul da Bahia [masters thesis]. Bahia (Brazil): Universidade Estadual de Santa Cruz.
- Sikes RS; the Animal Care and Use Committee of the American Society of Mammalogists. 2016. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the Use of Wild Mammals in Research and Education. *J Mammal*. 97:663–688. doi:10.1093/jmammal/gyw078
- Silva CR, Bernard E. 2017. Bioacoustics as an important complementary tool in bat inventories in the Caatinga drylands of Brazil. *Acta Chiropterol*. 19:409–418.
- Sociedade Nordestina de Ecologia – SNE. 2002. Projeto Técnico para a Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE – versão final, em cumprimento ao Contrato n.º 086-00/02, Subprojeto “Proposta para Criação do Parque Nacional do Catimbau/PE.” Recife: Sociedade Nordestina de Ecologia.
- Sutherland WJ. 2006. *Ecological Census Techniques: a Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Torres RR, Lapola DM, Gamarra NRL. 2017. Future climate change in the Caatinga. In: Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M, editors. *Caatinga. The largest Tropical dry forest region in South America*. Cham: Springer International Publishing. p. 383–410.
- Trajano E. 1981. Padrões de distribuição e movimentos de morcegos cavernícolas no Vale do Ribeira do Iguape, São Paulo [masters thesis]. Brazil: Universidade de São Paulo.
- Trajano E. 1996. Movements of cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). *Biotropica*. 28:121.
- Trajano E. 2013. Variações anuais e infra-aneais em ecossistemas subterrâneos: implicações para estudos ambientais e preservação de cavernas. *Rev Biol*. 10:1–7.
- Vargas-Mena JC, Cordero-Schmidt E, Bento DM, Rodriguez-Herrera B, Medellín RA, Venticinque EM. 2018. Diversity of cave bats in the Brazilian tropical Seca forest of Rio Grande do Norte state. Morcegos cavernícolas na Caatinga do Rio Grande do Norte. *Mastozoología Neotrop*. 25:199–212.
- Vargas-Mena JC, Cordero-Schmidt E, Rodrigues-Herrera B, Medellín RA, Bento DM, Venticinque EM. 2020. Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. *J Mammal*. 101:464–475.
- Willig MR. 1985. Reproductive patterns of bats from Caatinga and Cerrado biomes in northeast Brazil. *J Mammal*. 66:668–681.
- Zórtea M, Bastos NA, Acioli TC. 2015. The bat fauna of the Kararaô and Kararaô Novo caves in the area under the influence of the Belo Monte hydroelectric dam, in Pará, Brazil. *Braz J Biol*. 75:S168–S173.