

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E BIOLOGIA EVOLUTIVA**

DAYANA FERREIRA TORRES

**ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS INFLUENCIAM COMUNIDADES DE
INVERTEBRADOS SUBTERRÂNEOS E ATUAM SOBRE A DINÂMICA DE
CAVERNAS FERRÍFERAS NO BRASIL?**

**SÃO CARLOS – SP
2023**

DAYANA FERREIRA TORRES

**ASSEMBLEIAS DE MORCEGOS INFLUENCIAM COMUNIDADES DE
INVERTEBRADOS SUBTERRÂNEOS E ATUAM SOBRE A DINÂMICA DE
CAVERNAS FERRÍFERAS NO BRASIL?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São
Carlos, para obtenção de título em Mestra em Ecologia e
Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elina Bichuette
Coorientadora: Dra. Valeria da Cunha Tavares

**SÃO CARLOS
2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Dayana Ferreira Torres, realizada em 31/10/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Maria Elina Bichuette (UFSCar)

Profa. Dra. Sonia Maria Couto Buck (UFSCar)

Profa. Dra. Tamires Zepon (IBES)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

Na escuridão também há luz.

(Mestre dos Magos)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Professora Maria Elina Bichuette, por ter me recebido em seu laboratório e permitido com que eu trabalhasse com o que gosto – morcegos e cavernas, por sempre acreditar na minha capacidade como profissional, por me dar oportunidades e incentivar profissionalmente e intelectualmente.

Agradeço à minha coorientadora, Dra. Valeria da Cunha Tavares, por ter aceitado me apoiar nesse projeto e partilhar todo conhecimento e experiência. Ela, uma figura que sempre admirei e que tive a honra de conhecer e ter como coorientadora.

Agradeço ao Professor Renato Gregorin por me receber em seu laboratório, doando seu tempo e conhecimento ao me ajudar na identificação do material coletado ao longo da minha pesquisa. Ainda, pela acessibilidade e mentoria técnica e científica, que foram essenciais para ampliar meus horizontes e seguir caminhando na ciência, pesquisando morcegos e cavernas.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou com que eu me dedicasse ao desenvolvimento da minha pesquisa.

Agradeço o financiamento concedido pelo Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica firmado entre a Vale S.A. e o ICMBio (TCCE ICMBio/Vale nº 01/2020) e gerido operacionalmente pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), em uma parceria do Laboratório de Estudos Subterrâneos com o Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio das verbas do Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), essenciais ao meu desenvolvimento acadêmico durante o mestrado.

Agradeço ao Laboratório de Estudos Subterrâneos por todo suporte me ofertado ao longo de quase nove anos de muito trabalho, experiências e trocas. Em especial aos meus colegas (aos que permanecem no LES e aqueles que trilharam outros caminhos) que me acompanharam e compartilharam a vida e histórias, além de muito aprendizado e conhecimento. Com carinho, agradeço ao Dr. Jonas Eduardo Gallão e à MSc. Jéssica Scaglione Gallo por todo apoio concedido nos campos em Carajás, que foi essencial para o desenvolvimento do meu mestrado e para minha formação como pessoal e profissional.

Agradeço ao Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos por me receber como membra e acolher meu projeto de pesquisa, tornando viável e possível o seu desenvolvimento junto ao Laboratório de Estudos Subterrâneos.

Agradeço a Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais por todo subsídio e apoio institucional destinado à minha pesquisa e à minha formação acadêmica.

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pela concessão das licenças de coleta (SISBIO nº 77464-1 e 44464-3), necessárias à condução do estudo.

Agradeço aos amigos e parceiros que conheci nessa jornada e que me ajudaram, de alguma forma, a finalizar essa etapa da minha vida, dando apoio e contribuindo com o trabalho de campo, essencial à execução do projeto: Leandro Ferreira, Osvaldino Osorio Miranda, Airton de Almeida, Deyvid Roger Ramos, Waleson Silva Souza, Brenda Almeida de Lima, Paulo Faiad e João Emanuel Matos-Santos.

RESUMO

Os quirópteros estão entre os mamíferos mais diversos e geograficamente dispersos, exploram recursos diferenciados e ocupam os mais variados habitats, participam de numerosos processos ecológicos nos ecossistemas neotropicais e possuem adaptações associadas aos tipos de abrigos que utilizam, como as cavernas. Estes habitats são essenciais aos morcegos por promoverem impacto direto sobre suas taxas de sobrevivência, ecologia e evolução; ao passo que os quirópteros são cruciais por contribuir com a entrada de nutrientes nesses ambientes. Na região Tropical, existem cavernas com características físicas e biológicas singulares - *hot* e *bat caves*, sendo algumas reconhecidas para a região de Carajás. Essa região apresenta o maior número de cavernas ferríferas conhecidas para o Brasil, e é considerada um importante polo econômico para a extração de bens minerais por abrigar o maior projeto de mineração do país. Diante disso, o estudo teve como objetivo caracterizar a quiropterofauna associada a 20 cavernas da Floresta Nacional Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, conhecer a estrutura de suas comunidades, reconhecer a fauna de invertebrados associada ao guano dos morcegos, realizar monitoramento biológico e microclimático, identificar possíveis *bat/hot caves* e as condições para seu estabelecimento, e propor ações para conservação do patrimônio espeleológico. Para isso, foram realizados, de agosto de 2021 a março de 2023, inventários faunísticos (com coleta de quirópteros e invertebrados) e monitoramento biológico e microclimático das cavidades. A partir dos dados obtidos, avaliações descritivas das comunidades de quirópteros e dos invertebrados associados ao seu guano foram conduzidas, além de análises de diversidade (alfa e beta) e correlação (CCA). Como resultado, foram registradas 16 espécies de morcegos, sendo a família Phyllostomidae a mais representativa em termos de espécies. As cavidades estudadas apresentaram variação na composição de suas comunidades, que pôde ser explicada, majoritariamente, pela troca de espécies - ocorrida devido a alterações ambientais ou por demandas espécie-específicas. Colônias de morcegos mais diversas, numerosas e permanentes foram essenciais à entrada de nutrientes variados que atenderam a uma gama maior de invertebrados. Logo, a presença de morcegos nas cavernas foi um fator importante e determinante (mas não limitante) para a variação da diversidade de invertebrados. Por fim, a identificação de colônias de morcegos permanentes, da fauna de invertebrados que se associam aos diferentes tipos de guano e das condições microclimáticas e geomorfológicas das cavidades, foram fundamentais para a delimitação de *bat* e *hot cave*. Assim sendo, conhecer como se estruturam as comunidades de quirópteros e como elas se relacionam com fatores bióticos (interações com invertebrados) e abióticos (requerimentos espécie-específicos de temperatura

e umidade relativa do ar) é primordial para detecção de suas relações funcionais e organizações sociais, bem como para identificar como os morcegos respondem às mudanças ambientais e como isso impacta os demais organismos a eles associados. A partir disso, ações mais eficazes de conservação podem ser estruturadas e propostas, servindo como apoio a gestão, manutenção e proteção do patrimônio espeleológico nacional.

Palavras-chave: *Bat caves*. Carajás. Conservação. Diversidade subterrânea. *Hot caves*. Quiropteroфаuna.

ABSTRACT

Chiroptera are among the most diverse and geographically dispersed mammals, they exploit different resources and occupy the most varied habitats, participate in numerous ecological processes in tropical ecosystems and have adaptations associated with the types of shelters they use, such as caves. These habitats are essential to bats because they have a direct impact on their survival rates, ecology and evolution, while chiropterans are crucial because they contribute to the input of nutrients into these environments. In the Tropical region, there are caves with unique physical and biological characteristics - hot and bat caves, some of which have been recognized for the Carajás region. This region has the largest number of known iron caves in Brazil and is considered an important economic center for the extraction of mineral goods, as it is home to the country's largest mining project. In view of this, the study aimed to characterize the chiropterofauna associated with 20 caves in the Floresta Nacional de Carajás and the Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, learn about the structure of their communities, recognize the invertebrate fauna associated with bat guano, carry out biological and microclimate monitoring, identify possible bat/hot caves and the conditions for their establishment, and propose actions for the conservation of speleological heritage. To this end, faunal inventories were carried out from August 2021 to March 2023 (with the collection of Chiroptera and invertebrates) and biological and microclimate monitoring of the cavities. Based on the data obtained, descriptive assessments of the chiropteran communities and the invertebrates associated with their guano were carried out, as well as diversity (alpha and beta) and correlation (CCA) analyses. As a result, 16 bat species were recorded, with the Phyllostomidae family being the most representative in terms of species. The cavities studied showed variation in the composition of their communities, which can be explained, for the most part, by species exchange - either due to environmental changes or species-specific demands. More diverse, numerous and permanent colonies of bats were essential for the entry of varied nutrients that served a wider range of invertebrates. Therefore, the presence of bats in the caves was an important determining factor (but not a limiting one) for the variation in invertebrate diversity. Finally, the identification of permanent bat colonies, the invertebrate fauna associated with the different types of guano and the microclimatic and geomorphological conditions of the cavities were fundamental for the delimitation of bat and hot cave. Therefore, knowing how chiropteran communities are structured and how they relate to biotic factors (interactions with invertebrates) and abiotic factors (species-specific temperature and relative humidity requirements) is essential for detecting their functional relationships and social organizations,

as well as for identifying how bats respond to environmental changes and how this impacts other organisms associated with them. From this, more effective conservation actions can be structured and proposed, serving to support the management, maintenance and protection of the national speleological heritage.

Keywords: Bat caves; Carajás; Conservation; Chiropteroфаuna; Hot caves; Subterranean diversity.

.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Ordem Chiroptera.....	13
1.2 O ambiente subterrâneo.....	14
1.3 <i>Bat cave</i> vs. <i>hot caves</i>	17
1.4 Morcegos e cavernas.....	19
2 JUSTIFICATIVA	22
3 OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo geral.....	23
3.2 Objetivos específicos.....	23
4 HIPÓTESES.....	23
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
5.1 Caracterização da área de estudo	24
5.2 Coleta de dados	28
5.2.1 Registros microclimáticos	28
5.2.2 Quirópteros	29
5.2.3 Invertebrados	31
5.3 Análises dos Dados.....	31
5.3.1 Dados abióticos	31
5.3.2 Dados bióticos	31
5.3.2.1 Quirópteros	32
5.3.2.2 Invertebrados	36
5.3.2.3 <i>Bat cave</i> ou <i>hot cave</i>	36
6 RESULTADOS	36
6.1 Dados abióticos	36
6.2 Dados bióticos	43
6.2.1 Quirópteros	62

6.2.2 Invertebrados	81
7 DISCUSSÃO	82
7.1 Estrutura das comunidades de morcegos	82
7.2 Assembleias de morcegos influenciam os invertebrados subterrâneos?	104
7.3 <i>Bat</i> ou <i>hot cave</i> : assembleias de morcegos atuam sobre a dinâmica das cavernas ferríferas no Brasil?	106
7.4 Conservação de morcegos e cavernas: uma corrida contra o tempo	109
8 CONCLUSÕES.....	112
REFERÊNCIAS	112

1 INTRODUÇÃO

1.1 Ordem Chiroptera

Os morcegos são mamíferos (Classe Mammalia) da ordem Chiroptera (que significa “mãos em formas de asa”, do grego: *kheir* = mão + *pteron* = asa) (Reis *et al.*, 2007), que é dividida nas subordens Yinpterochiroptera (inclui as raposas-voadoras e alguns pequenos insetívoros do Velho Mundo) e Yangochiroptera (contém alguns pequenos morcegos insetívoros do Velho Mundo e todo o restante do Novo Mundo) (Tsagkogeorga *et al.*, 2013). No mundo, existem cerca de 1.462 espécies de morcegos (BCI, 2023), das quais 181 – incluindo 9 famílias e 68 gêneros – foram registradas no Brasil (Garbino *et al.*, 2022). Isso representa cerca de 13% da riqueza mundial dos Chiroptera e os torna o segundo grupo de mamíferos mais diversificado do país (Reis *et al.*, 2007).

Os quirópteros estão entre os mamíferos geograficamente mais dispersos e possuem uma elevada riqueza de espécies, que exploram recursos diversos e ocupam os mais variados habitats (Kunz; Pierson, 1994; Trajano, 1996; Bernard *et al.*, 2012) – folhagens, fendas em rochas, ocos e troncos de árvores, estruturas feitas pelo homem (como pontes, forros de prédios e minas abandonadas) e cavernas (Kunz, 1982; Kunz; Pierson, 1994; Reis *et al.*, 2007). Tais especializações se relacionam diretamente às novidades adaptativas – como o voo e a ecolocalização – que permitiram a exploração e a ocupação de nichos antes não habitados por outros mamíferos e tiveram um papel importante na diversificação de seus hábitos alimentares (insetivoria, carnivoria, piscivoria, frugivoria, nectarivoria e hematofagia), que requereu uma ampla diferenciação morfológica (relacionada ao crânio e dentes) e comportamental (por exemplo, estratégias de voos), contribuindo para as formas diversas encontradas no grupo (Kunz; Pierson, 1994; Pavan, 2014; López-Aguirres *et al.*, 2019; Pimentel, 2021).

Ademais, para os morcegos, o voo foi um importante passo evolutivo responsável por sua capacidade de empoleiramento, estratégias reprodutivas e comportamento social (Kunz; Pierson, 1994). Considerados um dos organismos mais gregários do reino animal, os quirópteros são altamente coloniais e apresentam estratégias variáveis de vida em grupo (Kunz, 1982; Rodríguez-Durán, 1998; Monks; O'Donnell, 2015). Não só, são seres altamente móveis – se deslocam com frequência e por distâncias relativamente longas (Arita; Fenton, 1997; Bernard; Fenton, 2003) – e apresentam movimentos que se enquadram em quatro categorias (Cockhrum, 1956; Griffin, 1970; Fenton; Kunz, 1976; Trajano, 1981, 1996):

- ✚ Circadianos – compreendem a saída noturna, a ida até a fonte de alimento e o retorno até abrigo;
- ✚ Locais – movimentos não sazonais de um abrigo para outro e que ocorrem, frequentemente, em uma mesma região;
- ✚ Sazonais – movimentos cíclicos entre regiões distantes (=migração), que abrangem algumas dezenas de quilômetros;
- ✚ Colônias itinerantes – compreende os movimentos das colônias de um local (microhabitat) para outro dentro de uma cavidade natural subterrânea.

Por participarem de numerosos processos ecológicos relacionados a manutenção dos ecossistemas (tais como polinização, dispersão de sementes e controle populacional de insetos) e por responderem às mudanças ambientais – sendo considerados excelentes bioindicadores (Reis *et al.*, 2007; Meyer *et al.*, 2010; Beltrão *et al.*, 2015), os morcegos constituem um importante componente das comunidades de mamíferos de todos os ecossistemas neotropicais (Olimpio *et al.*, 2016). Além disso, exibem adaptações fisiológicas e morfológicas associadas aos tipos de abrigos que utilizam, os quais promovem impacto direto sobre suas taxas de sobrevivência, natalidade e dispersão (Humphrey, 1975; Humphrey; Oli, 2015).

1.2 O ambiente subterrâneo

O meio subterrâneo (ou hipógeo) compreende sistemas de espaços interconectados do subsolo, que apresentam tamanhos variáveis (dimensões diminutas a grandes salões e/ou galerias) e podem ser preenchidos por água ou ar (Howarth, 1983; Juberthie, 2000). Contudo, apenas uma pequena porcentagem se abre para a superfície que, quando acessíveis aos seres humanos, são chamadas de cavernas (Trajano; Bichuette, 2006).

As cavernas constituem apenas uma parte do meio subterrâneo, integram um *continuum* por meio de espaços menores que se conectam e podem ser acessados por uma gama de organismos, formando um sistema funcional único (Trajano; Bichuette, 2006). Assim, o termo cavernas se baseia em um conceito antropocêntrico e limitado, ligado ao acesso do ser humano a estes ambientes (Trajano; Bichuette, 2006), de modo que o melhor vocábulo atribuído seria cavidades naturais subterrâneas.

As cavidades naturais subterrâneas se desenvolvem nos mais variados tipos de rochas, como quartzíticas, areníticas, ferríferas e, especialmente, naquelas mais solúveis, como as carbonáticas e dolomíticas (White; Culver, 2005; Auler; Piló, 2005; Hardt *et al.*, 2010; Zepon,

2015). Nesses ambientes, normalmente, são distinguidas zonas ambientais caracterizadas pela diminuição gradativa da luminosidade, flutuações de temperatura e da distribuição diferenciada dos organismos (Poulson; White, 1969; Juberthie, 2000; Trajano; Bichuette, 2006). São elas (Figura 1):

- ✚ Zona de Entrada (ZE) – reconhecida pela incidência direta de luz e flutuações acentuadas de temperatura devidas à influência do ambiente superficial (ou epígeo). Por representar o ecótono entre o meio epígeo e hipógeo, é normal que se encontre uma elevada diversidade biológica;
- ✚ Zona de Penumbra (ZP) – caracterizada pela incidência indireta de luz e flutuações de temperatura menores do que a ZE, com a diminuição gradual da luminosidade seguida pela ausência progressiva dos organismos fotossintéticos. Seu espaço pode variar conforme a época do ano e a posição da entrada em relação ao Sol, determinando o quanto de luz entrará na cavidade;
- ✚ Zona afótica (ZA) – marcada pela escuridão permanente e tendência a estabilidade ambiental: temperatura constante, mantendo-se na média anual externa local, e umidade relativa do ar próxima à saturação.

De fato, os habitats subterrâneos apresentam características físicas únicas que contribuem para o isolamento da sua fauna (Poulson; White, 1969; Dessen *et al.*, 1980; Trajano; Bichuette, 2006), classificada ecológico-evolutivamente de acordo com a ocupação e a dependência a estes habitats – Classificação de Schiner-Racovitza, proposta por Schiner (1854) e complementada por Racovitza (1907) (Trajano; Bessi, 2017), a saber:

- ✚ Troglóbios – com populações-fonte exclusivamente subterrâneas, são organismos restritos a estes habitats e que podem apresentar troglomorfismos: modificações associadas ao isolamento no meio hipógeo que, em geral, consiste em caracteres regressivos, como redução dos olhos e da pigmentação melânica (Barr; Holsinger, 1985) ou compensação sensorial, como o aperfeiçoamento de sistemas sensoriais não-visuais (quimiorrecepção, mecanorrecepção e eletorrecepção) (Trajano; Bichuette, 2006);
- ✚ Troglófilos – com populações-fonte tanto nos habitats superficiais quanto subterrâneos, de modo que o trânsito entre esses ambientes pode ser comum e regular;
- ✚ Troglóxenos – com populações-fonte epígeas, são organismos que utilizam os habitats subterrâneos como recurso, mas devem retornar à superfície para completar o seu ciclo de vida.

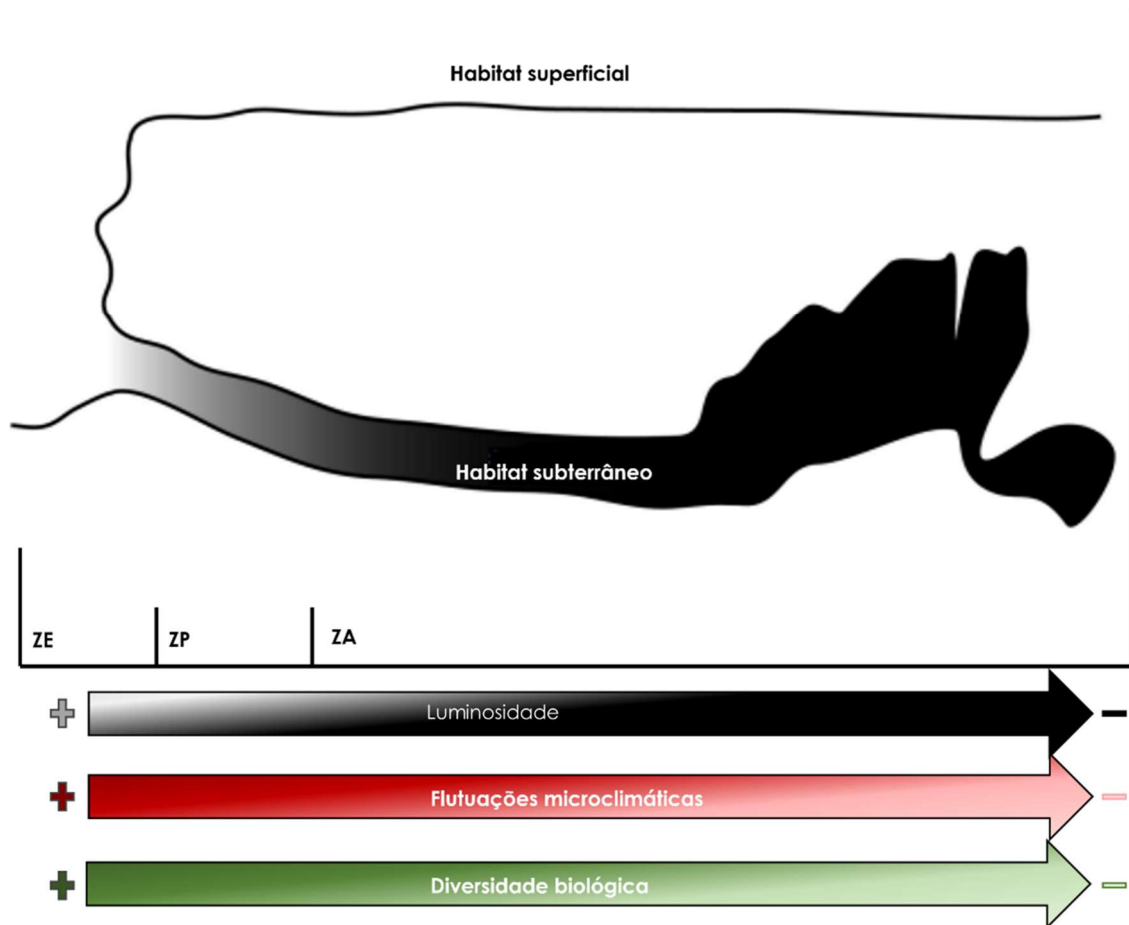


Figura 1. Zonas ambientais em habitats subterrâneos, caracterizadas pela diminuição gradativa da luminosidade, flutuações de temperatura e distribuição dos organismos. Fonte: extraído e modificado de Barros (2022).

Existem diversos fatores que influenciam a distribuição da fauna no ambiente subterrâneo, como as características microclimáticas hipógeas e climáticas locais, a integridade da vegetação do entorno e a disponibilidade e distribuição dos recursos (Christman; Culver, 2001). Como não há luz e, conseqüentemente fotossíntese, a produção primária se restringe a bactérias quimiossintetizantes que utilizam a energia química de ligação de moléculas simples de ferro, enxofre, nitrogênio etc. Entretanto, raramente, há quantidade suficiente de bactérias para nutrir a fauna subterrânea, de modo que os organismos são sustentados principalmente por recursos alimentares importados dos habitats superficiais (Juberthie, 2000; Poulson; Lavoie, 2000; Gnaspini; Trajano, 2000; Trajano; Bichuette, 2006; Culver; Pipan, 2009). São eles:

- ✚ Restos de animais e vegetais, matéria orgânica dissolvida e animais vivos carreados por rios e enxurradas que entram nas cavidades;
- ✚ Água de percolação que goteja por entre as fendas e espeleotemas e carrega consigo matéria orgânica dissolvida e pequenos organismos que vivem no solo e no subsolo superior ao teto da cavidade;

- ✚ Animais que entram e saem com frequência das cavidades, como os morcegos (típicos troglóxenos), que se alimentam no meio epígeo e deposita suas fezes (=guano) no meio hipógeo. Não só, quando morrem ou se acidentam nesses ambientes, seus corpos também se transformam em fonte de alimento;
- ✚ Esporos, pólen e bactérias, que podem ser trazidos por correntes de ar (“aeroplâncton”);
- ✚ Raízes penetrantes em cavidades próximas da superfície.

Apesar de constituírem a base da cadeia alimentar dos habitats subterrâneos, tais nutrientes estão disponíveis em quantidades limitadas nesses ambientes, principalmente quando se compara com os habitats superficiais – cuja biomassa dos organismos fotossintetizantes mantêm numerosas comunidades de animais (Trajano; Bichuette, 2006). Com exceção, de cavernas que possuem rios temporários ou permanentes, cujos nutrientes são frequentemente transportados para o seu interior, ou as chamadas “*bat caves*” que possuem elevadas quantidades de guano de morcegos disponível como fonte de alimento para os organismos subterrâneos, especialmente invertebrados (Trajano; Bichuette, 2006).

1.3 *Bat cave vs. hot caves*

Típicas da região Tropical, existem cavidades naturais subterrâneas que são nomeadas como *bat caves* (ou cavernas de morcegos) e *hot caves* (ou *cuevas calientes* ou cavernas quentes) (Carrión-Cabrera, 2017; Ladle *et al.*, 2012).

As *bat caves*, são assim chamadas por permanecerem habitadas durante longos períodos por numerosas e estáveis colônias de morcegos, podendo ultrapassar 100.000 indivíduos, que depositam grandes quantidades de guano favorecendo a formação de uma comunidade específica de invertebrados, que se limita a exploração dos recursos provenientes dessa fonte (Morales; Castillo, 1995; Trajano; Bichuette, 2006; Ladle *et al.*, 2012; Otálora-Ardila *et al.*, 2020; Cunha *et al.*, 2020; Ito *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2022). Tais cavidades são assim nomeadas com base em uma definição biológica, ligada às abundâncias elevadas de quirópteros.

No Brasil, algumas cavernas calcárias nos estados da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Sergipe, e outras areníticas e ferríferas na região amazônica (estados do Pará e Rondônia) foram consideradas como *bat caves*, devido à presença de enormes colônias estáveis de morcegos e grandes depósitos de guano, sobretudo de espécies insetívoras da família Mormoopidae (Trajano; Moreira, 1991; Trajano; Bichuette, 2006; Nava *et al.*, 2015; ICMBio,

2017; Otálora-Ardila *et al.*, 2020; Barbier *et al.*, 2020; Cunha *et al.*, 2020; Ito *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2022; Piló *et al.*, 2023).

Já as *hot caves*, são reconhecidas para as Antilhas, Cuba, El Salvador, México, Panamá, Porto Rico, República Dominicana e Venezuela, se destacam por possuir temperatura e umidade relativa do ar altas e estáveis (Marín *et al.*, 1977; De La Cruz, 1992; Morales; Castillo, 1995; De Armas, 2000; Tejedor *et al.*, 2005; Ladle *et al.*, 2012; Carrión-Cabrera, 2017), que se mantêm ao longo do tempo, além de elevadas quantidades de guano de morcegos (Peck; Ruiz-Baliú; González, 1998; Ladle *et al.*, 2012). A definição destas cavidades é sustentada principalmente por quesitos físicos do ambiente.

As principais características de uma *hot cave* são a presença de câmaras ou galerias com entrada única, baixa circulação de ar, temperatura entre 28-40°C (que se mantêm estável ao longo do ano), umidade relativa do ar acima de 90% (podendo, na maioria das vezes, atingir a saturação total), concentração excepcional de morcegos (>1.000 indivíduos) e grandes depósitos de guano em decomposição (Silva-Taboada, 1979; De La Cruz, 1991; Morales; Castillo, 1995; Rodríguez-Durán, 1998, 1995, 2010; Tejedor *et al.*, 2005; Ladle *et al.*, 2012; Carrión-Cabrera, 2017). Não só, quando se entra em uma *hot cave* há uma notável mudança na temperatura e na umidade, bem como percebe-se um forte odor de guano e uma fauna de invertebrados típicas desses ecossistemas – por exemplo, besouros, aranhas, baratas, grilos, hemípteros e amblipígeos – que têm sua abundância aumentada e distribuição influenciada pelo aumento da temperatura (De Armas, 2000; Trajano; Bichuette, 2006; Carrión-Cabrera, 2017).

A fonte de calor das *hot caves* pode ser proveniente de efeitos geotérmicos – isto é, quando o calor vindo do interior da Terra é dissipado por processos de condução, convecção e radiação – na rocha circundante ou, principalmente, pelas altas densidades de animais endotérmicos, como os morcegos (Carrión-Cabrera, 2017). Conforme observado nas *bat caves*: o microclima é modificado pelas condições biológicas estabelecidas por essas grandes populações, que promovem o aquecimento do ar pela respiração, calor irradiado e água evaporada pela transpiração e micção, além do calor gerado pela fermentação do guano (De Armas, 2000; De La Cruz, 1992; Trajano; Bichuette, 2006; Carrión-Cabrera, 2017). Como resultado, as condições físicas e a ecologia local são alteradas e se tornam dependentes da composição, densidade e dinâmica populacional destas grandes agregações de quirópteros (Morales; Castillo, 1995).

De modo geral, por fornecerem condições microclimáticas específicas, as *bat* e *hot caves* favorecem muitas espécies de morcegos, que acabam utilizando, preferencialmente, estes habitats como recurso (Rodríguez-Durán, 1995; Tejedor *et al.*, 2004; Otálora-Ardila *et al.*, 2020). Esses ecossistemas singulares fornecem abrigos climaticamente estáveis, possibilitando que tais espécies minimizem o gasto de energia e água da homeostase e da reprodução independentemente das flutuações externas de temperatura e umidade (típicas de climas marcadamente sazonais), mantendo-se em estado constante de alerta e aumentando a evitação de predação e a interação social (Silva-Taboada, 1979; Kunz, 1982; Rodríguez-Durán, 1998).

Entretanto, apesar da importância e dos aspectos singulares, as *hot caves* raramente são reportadas na literatura científica (Tejedor *et al.*, 2005; Ladle *et al.*, 2012) e as *bat caves*, principalmente no Brasil, são pobremente conhecidas e pouco estudadas (Otálora-Ardila *et al.*, 2020; Ito *et al.*, 2022). Por consequência, a delimitação e a distinção dessas cavidades são errôneas e, com frequência, conteúdos incorretos são divulgados (Carrión-Cabrera, 2017), de modo que o conhecimento incompleto e impreciso se torna um obstáculo para realização de avaliações de vulnerabilidade e prioridades de conservação (Tejedor *et al.*, 2005).

1.4 Morcegos e cavernas

Das 181 espécies de quirópteros registrados para o Brasil (Garbino *et al.*, 2022), 60 (33,14%) foram catalogados em cavidades naturais subterrâneas (Torres; Bichuette, 2019a). Os morcegos, típicos troglótenos (Trajano, 1984, 1995; Trajano; Bichuette, 2006; Trajano; Bessi, 2017), utilizam esses habitats como recurso, isto é, como abrigo diurno, poleiro noturno (local de passagem, consumo de alimentos e/ou digestão alimentar), local para reprodução, criação de filhotes, proteção contra predadores e intempéries climáticas, interações sociais e obtenção de vantagens termoregulatórias (Kunz, 1982; Trajano, 1984; Humphrey; Oli, 2015; Torres; Bichuette, 2019a,b; Pereira *et al.*, 2022). Logo, esses locais são fundamentais para a ecologia e evolução desses mamíferos (Trajano, 1984, 1995), visto que contribuem para a conservação e viabilidade de suas populações (Trajano, 1995).

Os quirópteros apresentam movimentos locais (frequentes entre abrigos em uma determinada área), sazonais (de longa distância) e dentro das cavidades (respectivo às colônias itinerantes) (Trajano, 1996), com amplitude relacionada a existência de condições essenciais à vida, como disponibilidade de abrigo e alimento, mesoclima e possibilidades de reprodução (Trajano, 1981).

Assim, diante da oferta de abrigos, os morcegos selecionam cavidades naturais subterrâneas que apresentam condições mais favoráveis, por meio de demandas fisiológicas individuais, aspectos sociais, questões morfológicas (Morales; Castillo, 1995), variáveis ambientais da paisagem superficial em que as cavidades estão inseridas (Phelps *et al.*, 2016; Vargas-Mena *et al.*, 2018; Barros *et al.*, 2020; Vargas-Mena *et al.*, 2020; Barros, 2022), atributos físicos (como estrutura – presença de cúpulas, fraturas e espeleotemas – e tamanho) ou densidade de abrigos na área (Trajano, 1984; Arita, 1996; Phelps *et al.*, 2016; Téllez *et al.*, 2018; Vargas-Mena *et al.*, 2018; Barros *et al.*, 2020; Vargas-Mena *et al.*, 2020; Barros, 2022); ou, na maioria das vezes, por preferências microclimáticas relacionadas à temperatura e umidade relativa do ar (Morales; Castillo, 1995; Rodríguez-Durán; Soto-Centeno, 2003; Ávila-Flores; Medellín, 2004; Torres-Flores; López-Wilchis, 2010; Ladle *et al.*, 2012; Vargas-Mena *et al.*, 2018; Lizarro *et al.*, 2020). Esta seleção é resultado de requerimentos espécie-específicos, decorrentes de adaptações fisiológicas e condições reprodutivas ou, ainda, como resposta a perturbações ambientais (Torres-Flores; Wijayanti; Maryanto, 2017), sendo fundamental para sobrevivência destes mamíferos (Morales; Castillo, 1995).

Por outro lado, os morcegos exercem um importante papel na manutenção da complexidade ecológica dos habitats subterrâneos, uma vez que seu guano é uma fonte fundamental de matéria orgânica, utilizada como alimento pelos invertebrados subterrâneos (Trajano; Bichuette, 2006). Além de ser um dos principais itens energéticos que compõe a rede trófica desses habitats (Poulson, 1972; Gnaspini-Netto, 1989; Gnaspini; Trajano, 2000; Trajano, 2000; Trajano; Bichuette, 2006; Torres; Bichuette, 2020), o guano de morcegos também pode servir como substrato, sobretudo para aqueles invertebrados com pequena capacidade de locomoção (Ginet; Decou, 1977; Gnaspini, 1992; Gnaspini; Trajano, 2000; Trajano; Bichuette, 2006). Esse item é especialmente valioso para as espécies restritas ao meio hipógeo – os chamados troglóbios – que são totalmente dependentes dos recursos presentes nesses ambientes (Gnaspini-Netto, 1989; Trajano, 1995; Gnaspini; Trajano, 2000; Akmal *et al.*, 2022).

As comunidades neotropicais de morcegos são altamente especiosas e apresentam a maior diversidade de hábitos alimentares dentro de Chiroptera, o que resulta na produção de diferentes tipos de guano, que variam em termos físicos (aparência) e nutricionais (composição e conteúdos energéticos) (Gnaspini-Netto, 1989; Trajano, 1995; Gnaspini; Trajano 2000; Torres; Bichuette, 2020). Com efeito, cada tipo de guano mantém uma comunidade particular de organismos, formada por grupos taxonômicos restritos e/ou não restritos, que são classificados

com base nas suas relações ecológico-evolutiva com esse recurso, a saber (Decu, 1986; Gnaspini, 1992; Gnaspini; Trajano, 2000; Trajano; Bichuette, 2006; Torres; Bichuette, 2020):

- ✚ Guanóbios – organismos pequenos, com mobilidade reduzida e encontrados exclusivamente em depósitos de guano, onde tendem a passar toda a vida. São raramente encontrados em outros substratos (quando o são, é devido ao deslocamento e colonização de outros depósitos) e altamente dependentes do guano para sua sobrevivência;
- ✚ Guanófilos – espécies que podem completar seu ciclo de vida tanto no guano quanto em outros substratos;
- ✚ Guanoxenos – aqueles que se alimentam e/ou se reproduzem em depósitos de guano, mas que dependem de outros substratos na cavidade para completar seu ciclo de vida;
- ✚ Guanófagos – organismos que utilizam o guano com menor frequência ao longo da vida, principalmente como fonte de alimento direta (como grilos, diplópodes e baratas em cavernas mais quentes, que consomem o guano propriamente dito) ou indireta (predando animais que se alimentam desse item, por exemplo aranhas, ou de microrganismos nele presente).

É importante ressaltar que o grau de fidelidade ou dependência do ambiente hipógeo não é influenciado e não influencia as relações dos animais com o guano: um guanóbio não necessariamente é um troglóbio. Contudo, como o ciclo de vida de guanóbios e guanófilos ocorre nos depósitos de guano dentro de cavidades, eles podem ser troglóbios ou troglófilos, mas nunca troglóxenos; enquanto os guanoxenos, podem ser troglóxenos, troglófilos ou troglóbios (Gnaspini; Trajano, 2000)

De modo geral, a fauna guanófila é composta por vários artrópodes, tais como pequenos ácaros detritívoros, larvas de dípteros (das famílias Phoridae [gêneros *Conicera* e *Dorhniphora*], Milichiidae, Chironomidae, Muscidae e Drosophilidae [gênero *Drosophyla*]), colêmbolos (família Poduridae), isópodes terrestres (família Oniscidae), pequenas mariposas (família Tineidae), larvas e adultos de coleópteros (como os detritívoros da família Leiodidae [gêneros *Adelopsis* e *Dissochaetus*] e predadores das famílias Histeridae e Staphylinidae) e seus predadores (coleópteros, pseudoescorpiões e ácaros) (Trajano; Moreira, 1991; Trajano, 1992; Trajano; Bichuette, 2006). Esses invertebrados podem ser predados por pseudoescorpiões, besouros (das famílias Pselaphidae e Carabidae), pequenas centopeias, ácaros predadores e aranhas que constroem suas teias próximas ou sobre o guano dos morcegos (Trajano, 1987; Trajano; Moreira, 1991; Trajano; Bichuette, 2006) (Figura 2).

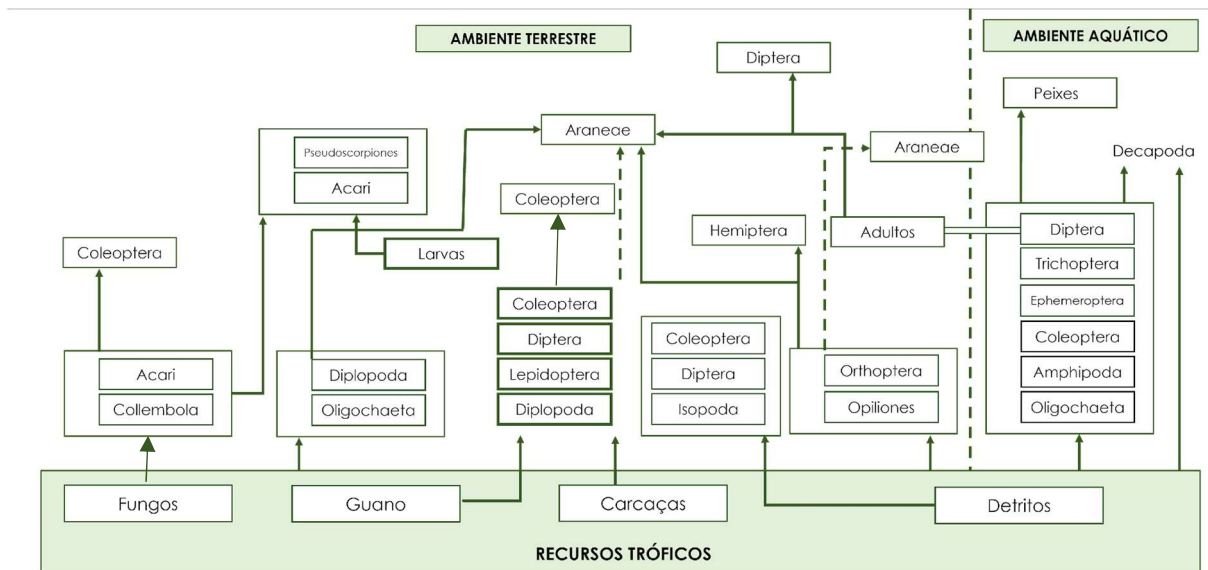


Figura 2. Esquema hipotético da cadeia alimentar em habitats subterrâneos: as setas indicam a direção do fluxo de energia. Fonte: extraído e modificado de Trajano; Bichuette (2006).

Certos animais são restritos ou apresentam preferência por determinados tipos de guano, enquanto outros são indiferentes e ocorrem em tipos variados (Trajano; Bichuette, 2006). Por exemplo: *i*) larvas de moscas *Acherontides eleonora* Palacios-Vargas & Gnaspini-Netto, 1992, piolhos-de-cobra *Peridontodesmella alba* Schubart, 1956, e formigas *Atta* sp., são típicas do guano de morcegos hematófagos; *ii*) algumas espécies de besouros da família Leiodidae se associam, preferencialmente, a guano de morcegos hematófagos, enquanto outras a guano de carnívoros; e *iii*) heterópteros das famílias Cydnidae e Lygaeidae, pequenas centopeias predadoras da ordem Lithobiomorpha, coleópteros da família Leiodidae (subfamília Catopinae) e algumas espécies de pseudoescorpiões são característicos de guano de morcegos frugívoros (Trajano, 1987, 1992; Trajano; Bichuette, 2006). Isso demonstra que a fauna de invertebrados associada a estes recursos nem sempre é determinada por um tipo de guano específico e pode variar de cavidade para cavidade (Torres; Bichuette, 2020).

2 JUSTIFICATIVA

Apesar do crescente avanço de informações sobre a quiropterofauna brasileira, lacunas no conhecimento ainda são observadas em diversas regiões com ocorrência de cavernas no Brasil, o que contribui para incompreensão da importância ecológica, econômica, evolutiva e dos aspectos relacionados a conservação destes habitats e de sua fauna associada (Bellard *et al.*, 2012; Mammola, 2019; Sánchez-Fernández *et al.*, 2021). Logo, torna-se essencial o desenvolvimento de estudos que abordem temáticas básicas (inventários da fauna subterrânea),

práticas (monitoramentos climático e biológico) e aplicadas (desenvolvimento de estratégias de gestão e conservação), fundamentais a incitação de debates relativos à influência e impacto das atividades antrópicas e mudanças climáticas sobre a biodiversidade subterrânea e, conseqüentemente, para tomadas de decisões políticas que afetam o patrimônio espeleológico nacional.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente estudo objetivou caracterizar a quiropterofauna associada a 20 cavernas da Floresta Nacional Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, conhecer a estrutura de suas comunidades, reconhecer a fauna de invertebrados associada ao guano dos morcegos, realizar monitoramento biológico e microclimático, identificar possíveis *bat/hot caves* e as condições para seu estabelecimento, e propor ações para conservação do patrimônio espeleológico.

3.2 Objetivos específicos

- Associar a quiropterofauna a cavidades naturais subterrâneas por meio de inventários faunísticos;
- Conhecer como se estruturam (distribuição, composição e coabitação de espécies) as comunidades de quirópteros nas cavidades estudadas;
- Determinar a localização das colônias de morcegos nas cavidades estudadas;
- Identificar a coocorrência de colônias de quirópteros nas cavidades nos diferentes períodos de amostragem (sazonalidades distintas);
- Estimar o tamanho aproximado das colônias de morcegos nas cavidades estudadas;
- Conhecer a fauna de invertebrados associada ao guano de morcegos;
- Medir e monitorar as condições microclimáticas das cavidades estudadas;
- Identificar a presença de *bat* ou *hot caves* e as condições para seu estabelecimento;
- Propor ações de conservação que visem o aprimoramento da gestão do Patrimônio Espeleológico Nacional e sua manutenção, manejo e uso sustentável.

4 HIPÓTESES

- a) Existem cavernas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos que podem ser consideradas como *bat* e/ou *hot caves*;

- b) Sazonalidade e variáveis abióticas (temperatura e umidade relativa do ar) influenciam a composição de comunidades de morcegos associados a cavernas da região de Carajás;
- c) O guano de morcegos influencia as comunidades de invertebrados subterrâneos.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido no sudeste do estado do Pará, Brasil, em 20 cavernas localizadas em duas Unidades de Conservação (UC) Federal: Floresta Nacional de Carajás (n=18), UC de Uso Sustentável, criada pelo Decreto N° 2.486, de 2 de fevereiro de 1998, inserida nos municípios de Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás e Parauapebas; e Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (n=2), UC de Proteção Integral, criado pelo Decreto S/N, de 5 de junho de 2017, abrangendo os municípios de Canaã dos Carajás e Parauapebas (Tabela 1, Figuras 3 e 4).

Tabela 1. Localização das cavidades estudadas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Pará, Brasil, com as respectivas sazonalidades de amostragem.

Unidade de Conservação	Toponímia (Cavidade)	Coordenadas Geográficas (UTM)		Altitude (m)	Estação do ano (período)
Floresta Nacional de Carajás	N1_0024	580485	9333239	633 m	Seca (ago.2022)
	N1_0168	577287	9334357	661 m	Chuvosa (mar.2023)
	N1_0171	577309	9334313	663 m	Seca (ago.2022)
	N1_0173	577560	9334025	657 m	Chuvosa (fev.2022)
	N1_0174	577608	9333996	657 m	Seca (ago.2021/2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	N1_0200	580345	9331995	694 m	Seca (ago.2021/2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	N1_0206	579132	9330281	626 m	Seca (ago.2021)
	N1_0208	578620	9330791	670 m	Chuvosa (fev.2022)
	N3_0003	588425	9333482	632 m	Seca (ago.2023)
	N3_0005	588388	9333459	645 m	Seca (ago.2023)
	N3_0023	586330	9331955	625 m	Seca (ago.2021/2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	N3_0026	586474	9332020	636 m	Seca (ago.2021/2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	N4WS_0067	589408	9328647	581 m	Seca (ago.2021)
	S11D_0001	571067	9292658	762 m	Seca (ago.2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	S11D_0007	571651	9292293	756 m	Chuvosa (fev.2022)
	S11D_0010	571067	9292658	776 m	Seca (ago.2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	S11D_0012	570788	9292921	756 m	Chuvosa (fev.2022)
	S11D_0013	571578	9292291	761 m	Chuvosa (fev.2022)
Parque Nacional dos Campos Ferruginosos	SB_0049	622252	9301709	629 m	Seca (ago.2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)
	SB_0051	622282	9301728	637 m	Seca (ago.2022) e chuvosa (fev.2022/mar.2023)

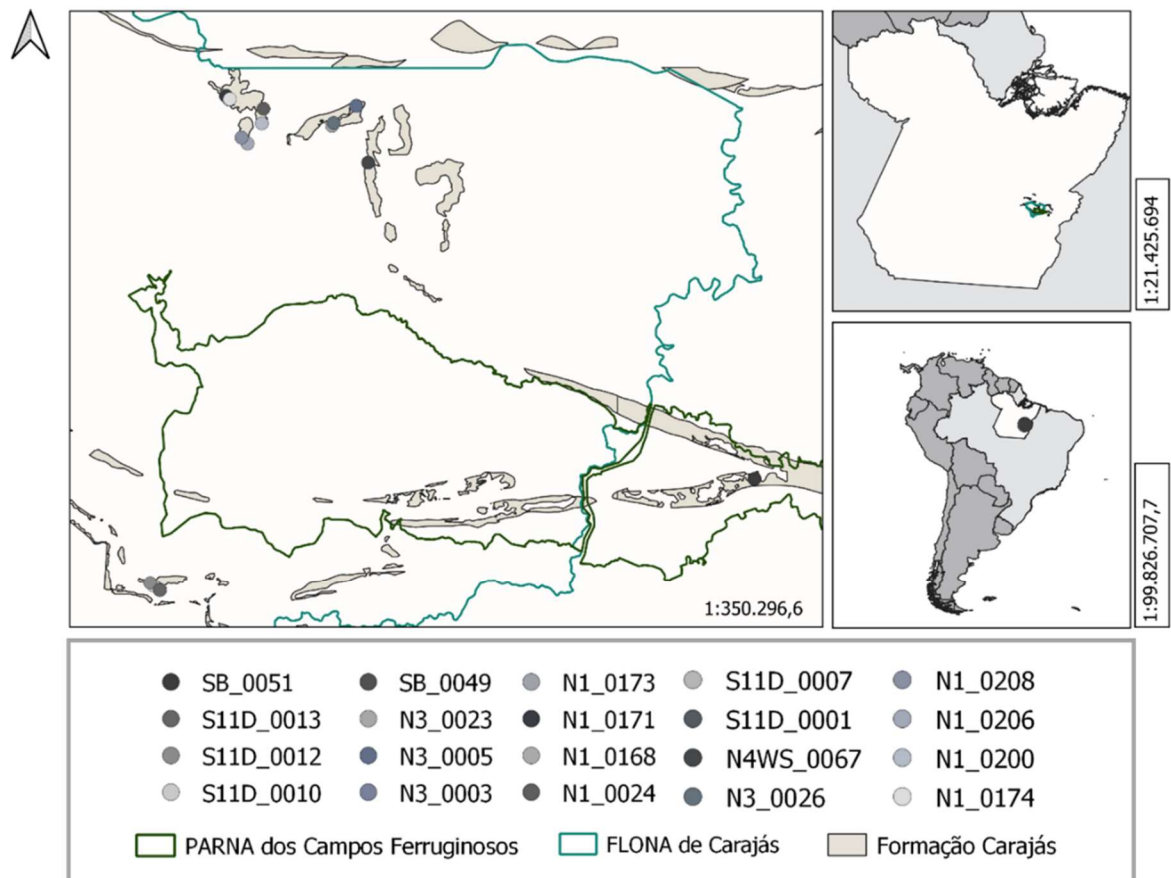


Figura 3. Mapa de localização das cavidades estudadas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Pará, Brasil.

A região de Carajás possui o maior número de cavernas ferríferas conhecidas para o Brasil (Bezerra *et al.*, 2017), são mais de 1.600 cavidades naturais subterrâneas cadastradas (CECAV, 2023a). Tais cavidades estão inseridas em uma das províncias minerais mais importantes do mundo: a Província Mineral de Carajás – Formação Carajás (Figura 3) (Martins *et al.*, 2012; João, 2013a; Bezerra *et al.*, 2017). Esta abriga o maior projeto de mineração do país – o Projeto Grande Carajás – com extração diária de toneladas de ferro de alto teor, ouro, manganês, cobre e granito, entre outros minerais (João, 2013b; ICMBio, 2016). Nesse cenário, a mineração é considerada uma das atividades antrópicas econômicas mais atuante e amplamente desenvolvida na região, configurando a principal fonte de destruição dos habitats subterrâneos e superficiais, com impacto direto sobre a biodiversidade local.

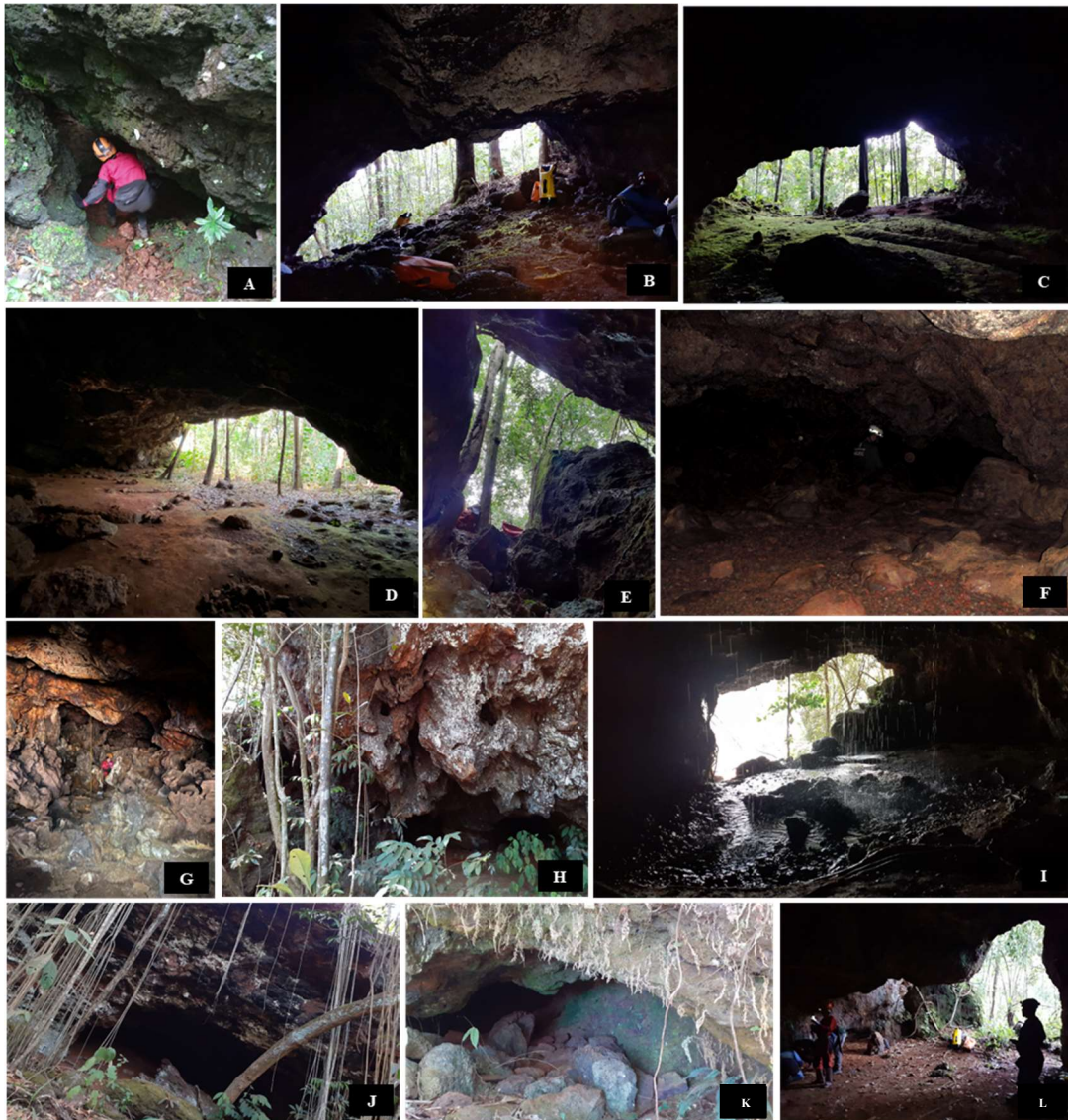


Figura 4. Algumas das cavidades estudadas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: N1_0168 (A), N1_0173 (B), N1_0174 (C), N1_0200 (D), N1_0208 (E), N3_0003 (F), N3_0023 (G), N3_0026 (H), S11D_0001 (I), S11D_0010 (J), SB_0049 (K) e SB_0051 (L). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

Com o clima típico serrano amazônico, as temperaturas médias anuais ficam em torno de 21 a 22 °C e a sazonalidade é bem-marcada, com estação seca ocorrendo de junho a outubro (média de 34 mm de precipitação) e chuvosa de dezembro a abril (média de 229 mm de precipitação), sendo novembro o mês de transição seco-chuvoso e maio o chuvoso-seco (Köppen, 1948; Peel *et al.*, 2007; ICMBio, 2016). Essa marcação sazonal é notável nas cavidades da região, que recebem um aporte expressivo de água na época chuvosa, por meio de infiltração e percolação da água da superfície (proximamente situada), que diminui substancialmente na estação seca – permanecendo, em alguns casos, pontos de percolação das águas retidas em espaços confinados da rocha (observação pessoal) (Figura 5).

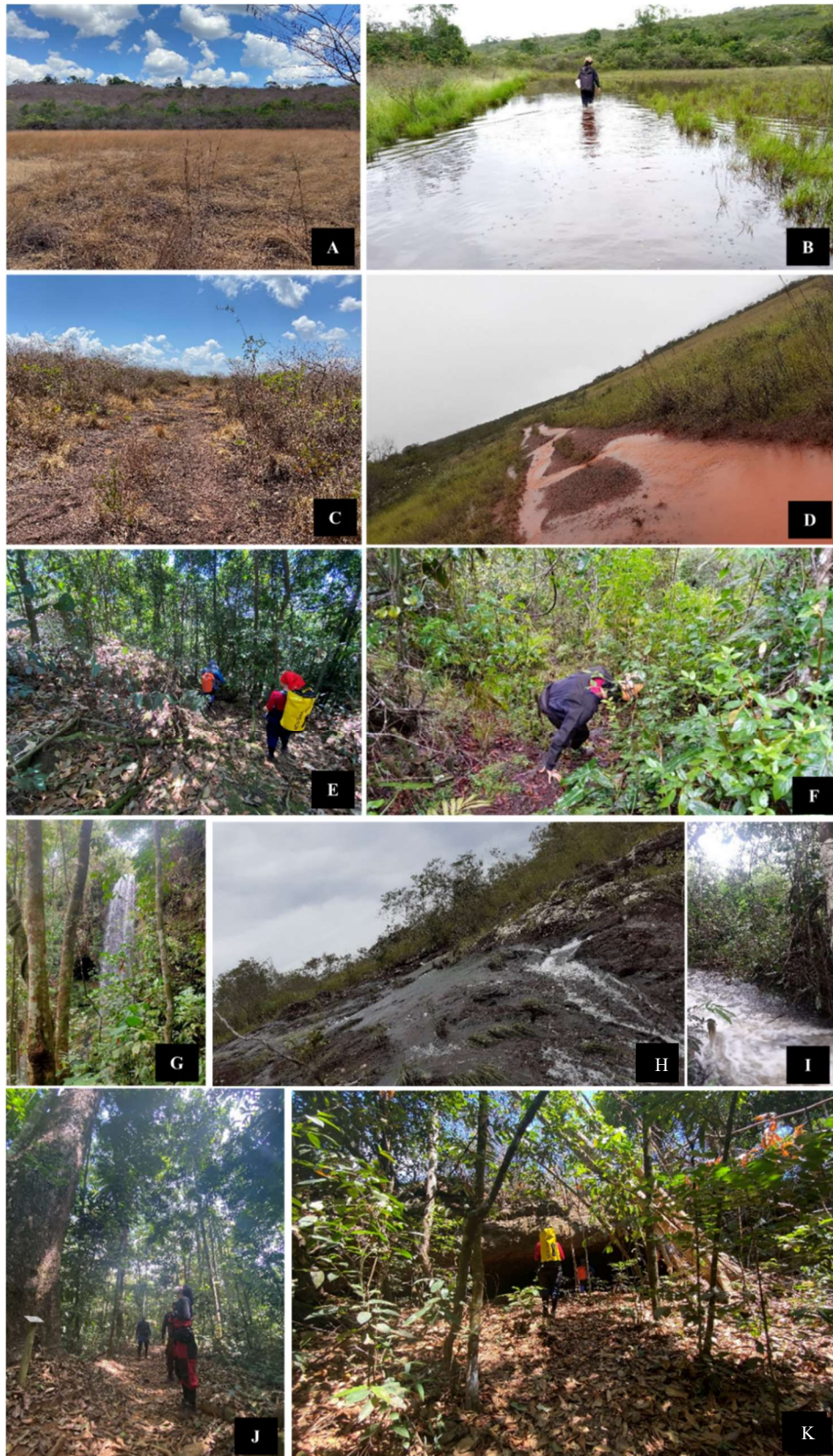


Figura 5. Heterogeneidade ambiental da paisagem presente na região de Carajás, com ênfase para a marcada variação sazonal: período seco (A, C, E, J e K) e chuvoso (B, D, F, G, H e I). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

De fato, as cavernas existentes na região são consideradas recursos importantes para os quirópteros, em função da heterogeneidade presente nos ambientes ferruginosos (cavidade de canga em platôs com alta concentração de ferro) e da fitofisionomia (Savana Metalófila ou Hematítica e Floresta Aberta Ombrófila Densa ou Aberta Submontana), que formam um mosaico de ecossistemas e criam microhabitats distintos, refletindo em uma elevada variedade de alimentos e abrigos (Martins *et al.*, 2012; Tavares *et al.*, 2012; Dantas, 2013; Carmo; Kamino, 2015) (Figura 5). Os platôs são capeados por cangas lateríticas bauxítico-ferruginosas maduras originados entre as Épocas Eoceno-Oligoceno (65 a 36 m.a), caracterizados por superfícies planas e elevadas em altitudes que variam entre 600 e 700 metros e que passaram pelo processo de aplainamento durante o Período Cretáceo (135 a 65 m.a.); enquanto as superfícies aplainadas adjacentes apresentam cotas baixas entre 200 e 400 metros (Dantas, 2013).

As cavidades do estudo foram selecionadas por meio de indicação de prioridade dos gestores do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e por prospecção da área. O número de visitas variou de 1 a 4 vezes conforme seleção para monitoramento biológico e microclimático (n=3-4) e à medida que novas cavernas iam sendo prospectadas e acrescentadas à lista preliminar (n=1-2) (consultar Tabela 1). Na ocasião das amostragens, caminhamentos das trilhas de acesso e pontos de localização das cavidades foram marcados com o auxílio dos *softwares* Gaia GPS *Trail Maps for Every Adventure* (versão 2023.8) e *Google Earth Pro* (versão 7.3.6), e conferidos na base de dados do Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas do Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CANIE/CECAV, 2023b). Posteriormente, mapas de localização das cavidades foram elaborados no QGIS (Desktop, versão 3.28.0).

5.2 Coleta de dados

5.2.1 Registros microclimáticos

O monitoramento das condições microclimáticas se deu por medições de temperatura e umidade relativa do ar, por períodos pré-determinados (Tabela 2), com a instalação de *dataloggers* (Testo Inc., 174H) em cinco cavidades, que foram selecionadas de acordo com a presença de grandes colônias de morcegos (configurando potenciais *bat* ou *hot caves*) e seus aspectos físicos (como locais longe da entrada e de fluxos de ar).

Tabela 2. Cavernas selecionadas para monitoramento microclimático por meio de *dataloggers*, evidenciando a data inicial e final das medições.

Cavidade	Zonação	Data Início	Data Final
N1_0174	Zona de penumbra	22.ago.2021	20.mar.2023
N3_0023	Zona de penumbra	25.ago.2021	21.mar.2023
N3-0026	Zona afótica	27.ago.2021	21.mar.2023
S11D_0001	Zona de penumbra	11.fev.2022	22.mar.2023
SB_0049	Zona afótica	12.fev.2022	24.mar.2023

A aferição dos parâmetros ocorreu por um período aproximado de 12 e 19 meses para duas (S11D_0001 e SB_0049) e três cavernas (N1_0174, N3_0023 e N3_0026), respectivamente, contemplando duas estações seca e duas chuvosa, de modo que o ciclo das medições ocorria de uma em uma hora ao longo das 24 horas do dia. É válido ressaltar que, no caso das cavernas N3_0026 e SB_0049, a localização do equipamento foi alterada (mantendo a zonação) ao longo das amostragens, devido a umidade excessiva que gerou *gaps* na mensuração dos parâmetros, resultando em perdas das informações contínuas.

Adicionalmente, medidas pontuais de temperatura e umidade relativa do ar foram aferidas, com o auxílio de anemômetro digital portátil (Instrutherm, AD-250), em pontos específicos – meio epígeo, zonas de entrada, penumbra e afótica (e de transição, quando presente) e próximo às colônias de morcegos – nas cavernas N1_0024, N1_0171, N1_0173, N1_0174, N1_0200, N1_0206, N1_0208, N3_0003, N3_0023, N3_0026, S11D_0001, S11D_0010, SB_0049 e SB_0051, contemplando as estações seca (agosto de 2021 e 2022) e chuvosa (fevereiro de 2022). Salienta-se que somente as cavernas monitoradas (visitadas em todas as campanhas de amostragem) tiveram tais parâmetros mensurados em todas as estações anteriormente descritas; com exceção da última campanha, que não foi possível realizar as medidas devido à falta de equipamento. Ainda, nas cavernas monitoradas, as medições eram efetuadas sempre no local.

5.2.2 Quirópteros

Visitas as 20 cavernas ocorreram de agosto de 2021 a março de 2023 (consultar Tabela 1). Nas ocasiões, os quirópteros foram capturados com redes de neblina (de tamanhos variáveis conforme as dimensões e acessibilidade das cavernas, mas padronizados para cada caverna, mantendo-se o local de armação e o número de redes utilizadas) armadas próximas às colônias e/ou em suas rotas de acesso dentro da caverna (baseado em Trajano, 1984); ou com puçás (12x10x38 cm) – para indivíduos empoleirados em paredes e tetos baixos. As redes de neblina ficaram expostas por um período de 4 a 7 horas (variáveis conforme a disponibilidade dos

morcegos e a complexidade das cavernas – que determinava o tempo para o desenvolvimento das atividades) e foram checadas regularmente (15 em 15 minutos, aproximadamente), a fim de evitar o estresse excessivo dos animais e, consequentemente, óbitos.

Os espécimes capturados foram manuseados com luvas de raspa de couro e acondicionados em sacos de tecidos para extração de informações, como sexo, faixa etária, estágio reprodutivo e registros fotográficos. Em geral, um casal de cada espécie por cavidade foi eutanasiado por meio do deslocamento cervical (fixados em formol 10% e, posteriormente, transferidos para álcool 70% para preservação) e encaminhado ao Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES), onde foram identificados com o auxílio de chave de identificação (Díaz *et al.*, 2021) e artigos de (re)descrição das espécies (Greenhall *et al.*, 1984; Medellín *et al.*, 1985; Cloutier; Thomas, 1992; Cramer *et al.*, 2001; Ortega; Alarcón-D, 2008; Oprea *et al.*, 2009; Pavan *et al.*, 2018; Lemos *et al.*, 2020; Pavan; Tavares, 2020), tombados na Coleção de Vertebrados do LES (acrônimo LESV, curadoria Dra. Maria Elina Bichuette) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Posteriormente, parte desse material foi direcionado ao Laboratório de Diversidade e Sistemática de Mamíferos (LADISMA) para refinação da identificação e depósito na Coleção de Mamíferos da Universidade Federal de Lavras (acrônimo CMUFLA, curadoria Dr. Renato Gregorin).

As colônias dos morcegos foram monitoradas ao longo das campanhas de amostragem, onde foram anotadas informações sobre variação de tamanho e presença/ausência sazonais, comportamentos de interação social, presença/ausência de filhotes/fêmeas prenhes/machos reprodutivos e localização das colônias em relação a zonação. Uma estimativa aproximada dos tamanhos populacionais para cada cavidade foi obtida a partir de uma pontuação de abundância – modificada de Arita (1996); Quibod *et al.* (2019) e Bejec *et al.* (2020), a saber: (1) 1-10 indivíduos; (2) 11-50 indivíduos; (3) 51-100 indivíduos; (4) >101 indivíduos. Esse método foi utilizado mediante a dificuldade de se realizar uma contagem exata dos indivíduos nas colônias e por ter sido aplicado em condições similares em estudos reportados na literatura.

Além disso, os vestígios da presença de morcegos (manchas e depósitos de guano) foram investigados por meio de busca ativa, sendo considerados como amostras adicionais e testemunhos da ocupação das cavidades por morcegos. Quando presentes, os guanos foram identificados visualmente de acordo com o tipo de alimentação do morcego (por exemplo, guano de morcego hematófago).

A nomenclatura e o arranjo taxonômico das espécies aqui listadas seguiram Garbino e colaboradores (2022). Os procedimentos de captura, contenção, soltura e coleta seguiram a Resolução CFBio Nº 301/2008, os de eutanásia o Guia de Boas Práticas para a Eutanásia de Animais – Conceitos e Procedimentos (2013). A documentação pertinente a manipulação dos espécimes – ID nº 9992081221 – foi encaminhada à Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSCar em 08/12/2021 e reencaminhada com ajustes em 10/04/2023. A pesquisa foi conduzida mediante a autorização SISBIO nº 77464-1 e 44464-3, emitida em 30/04/2021 e reavaliada em 14/06/2022, na devida ordem.

5.2.3 Invertebrados

O inventário dos invertebrados subterrâneos consistiu no método de procura/coleta ativa (com o uso de pinças, pinceis, tubos de 15 mL e microtubos de 2 mL), envolvendo a maior diversidade possível de guano de morcegos (sempre que disponíveis e amostrados por um período padronizado de, aproximadamente, 15 minutos), em todas as ocasiões de visita e em diferentes zonações das cavidades. Os animais capturados foram fixados diretamente em solução de álcool 70%. O material coletado foi direcionado ao Laboratório de Estudos Subterrâneos (LES) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde foi triado (com o auxílio de chaves taxonômicas e especialistas em fauna subterrânea) e identificado; sendo, posteriormente, tombado na Coleção Científica de Biota Subterrânea (acrônimo LES, curadoria Dra. Maria Elina Bichuette).

5.3 Análises dos Dados

5.3.1 Dados abióticos

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar, medidos e monitorados com os *dataloggers* instalados nas cavidades, foram extraídos por meio do *software* Testo ComSoft Basic (versão 5, ServicePack 6.4). Uma base de dados contendo essas variáveis microclimáticas foi construída com tabelas e gráficos de tendências no Excel (Microsoft 365 *Insider*, versão 2308 – *build* 16731.20170). Este *software* também foi usado para organizar em tabela os dados pontuais de temperatura e umidade relativa do ar mensurados durante as visitas às cavidades.

5.3.2 Dados bióticos

A identificação dos grupos taxonômicos – invertebrados e vertebrados – que ocorrem nas cavidades estudadas se deu por meio da elaboração de uma lista faunística, complementada por

informações sobre os substratos e zonação em que a fauna foi encontrada, bem como das abundâncias (no caso dos morcegos, calculada pelo método de estimativa do tamanho populacional) e dos períodos de amostragens correspondentes (sazonalidade). Planilhas de banco de dados foram produzidas e tabelas informativas geradas com o auxílio do *software* Excel (Microsoft 365 *Inside*, versão 2308/buid 16731.20170).

5.3.2.1 Quirópteros

Para descrever a diversidade local (alfa “ α ” – caracterizada pela diversidade de espécies por caverna) e regional (beta “ β ” – caracterizada pela variação na diversidade entre as cavernas) dos quirópteros que utilizam as cavidades de Carajás como recurso, índices de diversidade foram aplicados (Silva *et al.*, 2022). A **diversidade α** foi mensurada a partir dos Índices de Shannon-Wiener, Equabilidade (ou Equitabilidade) de Pielou e Números de Hill (ou Série de Hill); enquanto a **diversidade β** foi determinada com base na abordagem de Baselga (2010, 2012) que particiona a diversidade beta total (dissimilaridade Sørensen) em dois componentes: substituição de espécies (*turnover* = dissimilaridade de Simpson) e aninhamento ou perda de espécies (*nestedness*).

Foram utilizados índices de diversidade devido aos pesos distintos que cada atribui a riqueza e equitabilidade das espécies nas comunidades. Ainda, considerando que as medições de abundância aqui obtidas se basearam em estimativas do tamanho populacional e que a abundância tem um papel fundamental na determinação de diversidade de espécies, optou-se por usá-los na tentativa de comparar e melhor descrever a diversidade alfa das cavernas estudadas.

- **Índices de Diversidade Alfa (α)**

Índice de Shannon-Wiener (H')

Para medir a diversidade de quirópteros em cada cavidade, foi usado o Índice de Shannon-Wiener, que quantifica o grau de incerteza em prever a identidade de uma espécie dado a riqueza e a distribuição da abundância das espécies de uma comunidade, sendo mais sensível às mudanças nas espécies raras das comunidades.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \times \ln p_i$$

onde,

p_i = abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção de uma espécie pelo número total dos indivíduos na comunidade;

$\ln$ = logaritmo natural;

H' = índice de Shannon-Wiener (não tem um valor máximo e sua interpretação é comparativa, com valores maiores indicando maior diversidade).

Índice de Equabilidade (ou Equitabilidade) de Pielou

Para descrever o padrão de distribuição da abundância das espécies nas cavidades estudadas, utilizou-se o Índice de Equitabilidade de Pielou.

$$J = \frac{H'}{H_{max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

onde,

H' = índice de Shannon-Wiener;

H_{max} = considera que todas as espécies têm a mesma abundância relativa. É aplicado calculando o logaritmo natural ($\ln$) para a riqueza de espécies (S).

Números de Hill ou Série de Hill

Adicionalmente, utilizou-se Números ou Série de Hill para avaliar a diversidade com base no número efetivo de espécies ou diversidade verdadeira (número de espécies igualmente abundantes). Este índice de equitatividade considera a distribuição da abundância entre as espécies e facilita a comparação entre as comunidades.

$$q_D = \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

onde,

q = parâmetro ou ordem de diversidade que confere peso às espécies comuns ou raras, isto é: $q = 0$ equivale a riqueza de espécies propriamente dita, $q = 1$ atribui pesos com base na proporção das frequências e $q = 2$ atribui peso as espécies mais comuns;

p_i = abundância relativa de cada espécie, calculada pela proporção dos indivíduos de uma espécie pelo número total dos indivíduos da comunidade.

- **Índice de Diversidade Beta (β)**

Índice de Sørensen

Para padronizar a diversidade β , foi usado o Índice de Sørensen (4), que compara as (dis)similaridade entre as comunidades.

$$\beta_j = a/(a + b + c)$$

onde:

a = número de espécies compartilhadas;

b = número de espécies exclusivas da comunidade 1;

c = número de espécies exclusivas da comunidade 2.

As análises de diversidade acima descritas (e seus respectivos gráficos), foram executadas no *software* RStudio (versão 2023.06.2+561).

▪ **Diagrama de Whittaker**

Para comparar a riqueza de espécies e a abundância relativa de cada espécie nas comunidades estudadas, foi utilizado o Diagrama de Whittaker – ranqueia as espécies dominantes, intermediárias e raras das comunidades. O diagrama foi plotado no Microsoft 365 *Insider* (versão 2308 – *build* 16731.20170), e somente as cavidades com registros de ocorrência de morcegos foram consideradas.

▪ **Frequência de captura e periodicidade de ocorrência**

Calculou-se a frequência de captura das espécies a fim de conhecer suas periodicidades de ocorrência (considerando as sazonalidades e as ocasiões de amostragens) e determinar o uso permanente ou ocasional das cavidades estudadas pelos morcegos. Para isso, obteve-se a razão entre o número de indivíduos capturados por estação e o total de indivíduos da espécie na amostra total, sendo os resultados graficamente representados a partir do Microsoft 365 *Insider* (versão 2308 – *build* 16731.20170). Salienta-se que a avaliação não incluiu espécies catalogadas por meio de avistamentos, somente aquelas efetivamente capturadas; bem como as comparações de periodicidade foram possíveis apenas para as cavidades visitadas em mais de uma vez e em estações do ano distintas.

▪ **Localização das colônias**

Ao longo das visitas às cavidades, a localização de indivíduos e/ou colônias foi estabelecida por meio de observações *in situ*. Informações sobre zonação ocupada (ZE/ZP/ZA), coabitação com outras espécies e uso de microhabitat específico (mesma localização durante todas as ocasiões de amostragem) foram colhidas. Em adição, para as cavidades em que os mapas topográficos estavam disponíveis (N3_0003, N3_0023, N3_0026, S11D_0001, SB_0049 e SB_0051) – disponibilizados pelo Núcleo de Gestão Integrada ICMBio Carajás – foi feita uma adaptação, com plotagem esquemática e ilustrativa das espécies nos locais em que foram observadas dentro das cavidades.

▪ **Padrão reprodutivo de *Carollia perspicillata***

Considerando as colônias numerosas de *Carollia perspicillata*, bem como sua presença constante ao longo (de todo ou parte) do período do estudo, seu fácil acesso e acompanhamento, a partir da captura de indivíduos, ponderações sobre sexo (presença de machos e/ou fêmea adultos) e estádios reprodutivos da espécie (nascimentos, presença de filhote, jovens, gestantes, lactantes e machos escrotados) foram anotadas a fim de comparar e estimar padrões reprodutivos (períodos de atividade reprodutiva, épocas de nascimentos e números de picos de reprodução), contrastando com a literatura existente.

▪ **Rarefação**

Tendo em vista que a riqueza de espécies observada em algumas cavidades pode decorrer da diferença de esforço amostral (variação no número de unidades amostrais durante as campanhas de amostragem, tempo e número de coletores distintos) aplicado ao longo do estudo, utilizou-se o método de rarefação para calcular o número esperado de espécies na amostra total, a partir de duas curvas: ***individual-based***, onde as comparações são feitas considerando a abundância da comunidade padronizada pelo número de indivíduos na amostra total; ***sampled-based***, onde as comparações são padronizadas pela comunidade com o menor número de amostragem na amostra total (Silva *et al.*, 2022). Para isso, as curvas foram elaboradas no *software* Past (versão 4.3), considerando apenas as cavidades com registros de ocorrência de morcegos.

▪ **Análise de Correspondência Canônica (CCA)**

Para verificar a influência da temperatura e da umidade relativa do ar na composição das comunidades de morcegos, os dados de monitoramento microclimático aferidos nas cavidades

N1_0174, N3_0023, N3_0026, S11D_0001 e SB_0049 foram utilizados em uma Análise de Correspondência Canônica – quantifica e associa, em pares de combinações lineares, a composição de espécies com descritores ambientais observados na mesma unidade amostral (Legendre; Legendre, 1998). Os dados das variáveis ambientais considerados foram os das médias totais por cavidade, a fim de evitar a acumulação de valores semelhantes dispensáveis para a análise. Posteriormente, foi aplicado o teste de *Kruskall-Wallis* para verificar a significância estatística dos resultados obtidos com a. Tanto a CCA quanto o teste de Kruskal-Wallis foram realizados no *software* Past (versão 4.3).

5.3.2.2 Invertebrados

Se tratando da diversidade de invertebrados associados aos diferentes tipos de guano de morcegos, foram construídos diagramas de *Box Plot* para verificar a relação de riqueza total das amostras com os guanos disponíveis. Por fim, uma análise descritiva da diversidade de invertebrados foi realizada, estabelecendo comparativos com a diversidade de morcegos e guano presentes nas cavidades. O diagrama foi elaborado no *software* Past (versão 4.3).

5.3.2.3 Bat cave ou hot cave

Para verificar a existência de *hot caves*, foram utilizados os dados do monitoramento microclimático juntamente com observações do ambiente (circulação de ar e sensação térmica), geomorfologia (número de entradas) e medidas de diversidade de morcegos (em especial, à abundância) e invertebrados (com ênfase para os táxons característicos desses ambientes) – priorizando os parâmetros físicos para sua determinação. Já para identificar *bat caves*, foram utilizados os mesmos indicadores descritos anteriormente, em conjunto com observações *in situ* das colônias de morcegos (sobre ocorrência permanente ou sazonal) e dados reprodutivos (como presença de filhotes, fêmeas prenhes e machos escrotados) – priorizando os atributos biológicos e ecológicos para sua classificação.

6 RESULTADOS

6.1 Dados abióticos

De modo geral, a maioria das cavidades monitoradas acompanharam o regime climático (flutuações entre os períodos de seca e chuva da região) dos habitats superficiais associados, com a exceções apresentando uma constância, principalmente, em relação a umidade relativa do ar. A saber:

▪ Caverna N1_0174

Do período de 22 de agosto de 2021 a 20 de março de 2023, o *datalogger* instalado na zona de penumbra (ZP) da caverna N1_0174 colheu um total de 13.800 medições, com temperatura e umidade relativa do ar variando de 18,7-26,2 °C e 54,3-99,9%, respectivamente (Tabela 3, Figura 6).

Tabela 3. Resumo das medições de temperatura e umidade relativa do ar, relativas ao monitoramento microclimático na caverna N1_0174.

	Canais de medição	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios
Início: 22/08/2021 às 18:00:00 Fim: 20/03/2023 às 18:00:00 Número de medição: 13.800 Localização: ZP	Temp. [C°]	18,7	26,2	22,7
	UR [%]	54,3	99,9	93,8

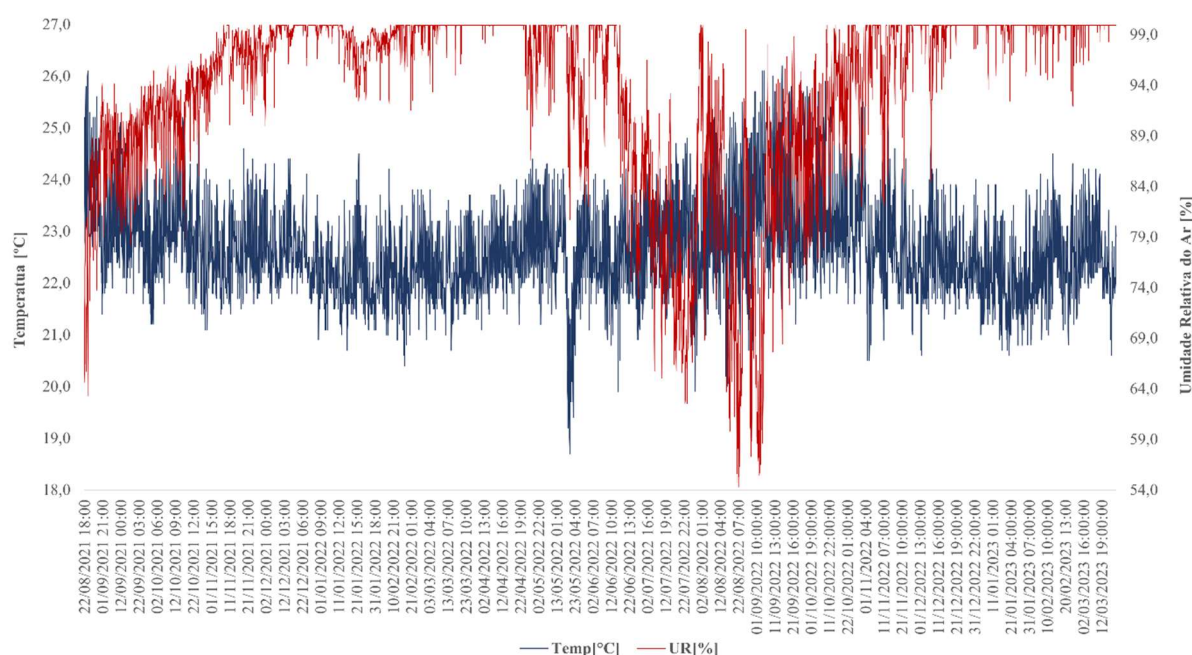


Figura 6. Monitoramento microclimático da caverna N1_0174 obtidos durante o período de 22 de agosto de 2021 a 20 de março de 2023.

O início das medições coincidiu com o meio da estação seca (agosto de 2021) e o final com o meio da estação chuvosa (março de 2023) da região. De modo geral, a temperatura permaneceu em uma faixa média de 22,7 °C e apresentou picos de alta sempre em períodos de seca, atingindo a máxima (26,2 °C) em setembro de 2022; enquanto a mínima (18,7 °C) foi alcançada no período de transição seca-chuva em maio de 2022, com queda ao longo dos períodos chuvosos. Por outro lado, observou-se que a umidade relativa do ar atingiu a saturação

constante nos períodos de chuva (99,9%) e mostrou queda pontuais no período seco de agosto de 2022, chegando a menos de 55%.

▪ Caverna N3_0023

Do período de 25 de agosto de 2021 a 21 de março de 2023, o *datalogger* instalado na zona de penumbra (ZP) da caverna N3_0023 colheu um total de 14.149 medições, com temperatura e umidade relativa do ar variando de 22,4-24,7 °C e 61,7-99,9%, respectivamente (Tabela 4, Figura 7).

Tabela 4. Resumo das medições de temperatura e umidade relativa do ar, relativas ao monitoramento microclimático na caverna N3_0023.

	Canais de medição	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios
Início: 25/08/2021 às 18:00:00 Fim: 21/03/2023 às 15:00:00 Número de medição: 14.149 Localização: ZP	Temp. [C°]	22,4	24,7	23,6
	UR [%]	61,7	99,9	94,7

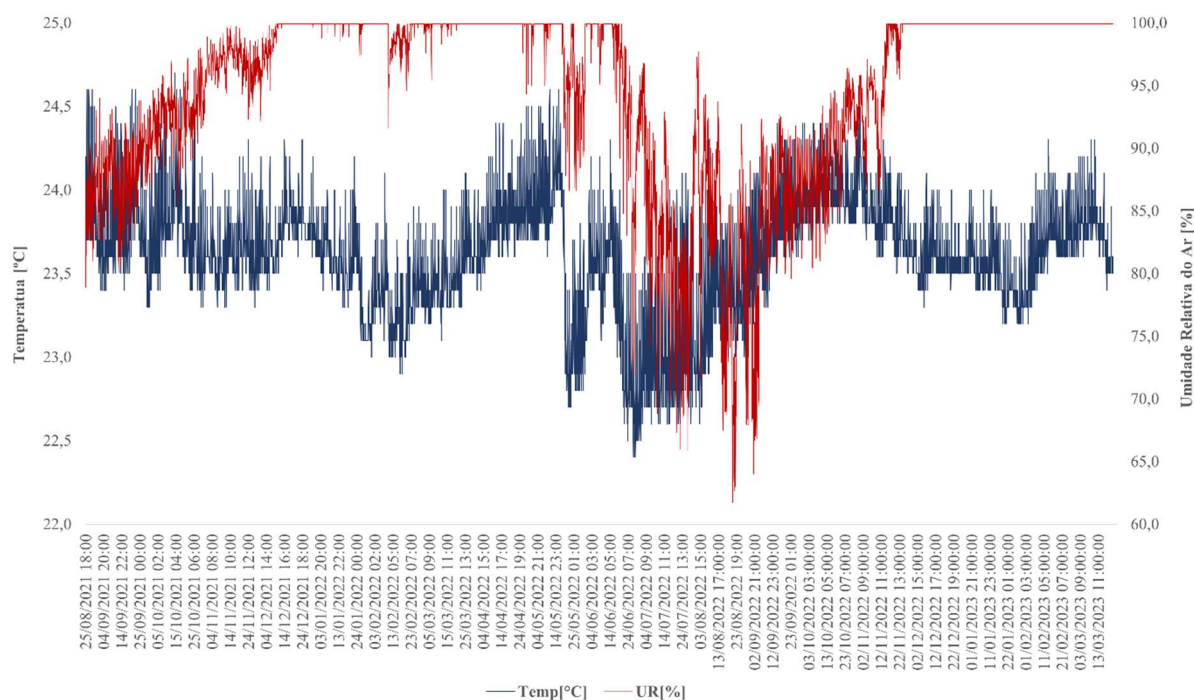


Figura 7. Monitoramento microclimático da caverna N3_0023 obtidos durante o período de 25 de agosto de 2021 a 21 de março de 2023.

O início das medições coincidiu com o meio da estação seca (agosto de 2021) e o final com o meio da estação chuvosa (março de 2023) da região. De modo geral, observou-se uma variação acentuada da temperatura ao longo do monitoramento, com valores máximos sendo

atingidos (24,6-24,7 °C) nos períodos de seca de agosto a outubro de 2021; ao passo que a mínima (22,4 °C) foi alcançada no início do período seco, em junho de 2022, acompanhando queda da umidade relativa do ar, que chegou a mínima (61,7%) em agosto de 2022. Nos períodos chuvosos, a UR apresentou uma constância de saturação, atingindo 99,9% na maioria dos dias monitorados.

▪ Caverna N3_0026

Do período de 27 de agosto de 2021 a 13 de fevereiro de 2023, o *datalogger* instalado entre a zona de penumbra (ZP) e afótica (ZA) da caverna N3_0026 colheu um total de 10.590 medições, com temperatura e umidade relativa do ar variando de 23,8-25,6 °C e 90,9-99,9%, respectivamente (Tabela 5, Figura 8).

Tabela 5. Resumo das medições de temperatura e umidade relativa do ar, relativas ao monitoramento microclimático na caverna N3_0026.

	Canais de medição	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios
Início: 27/08/2021 às 18:00:00 Fim: 13/02/2023 às 11:00:00 Número de medição: 10.590 Localização: ZP-ZA	Temp. [C°]	23,8	25,6	24,8
	UR [%]	90,9	99,9	99,9

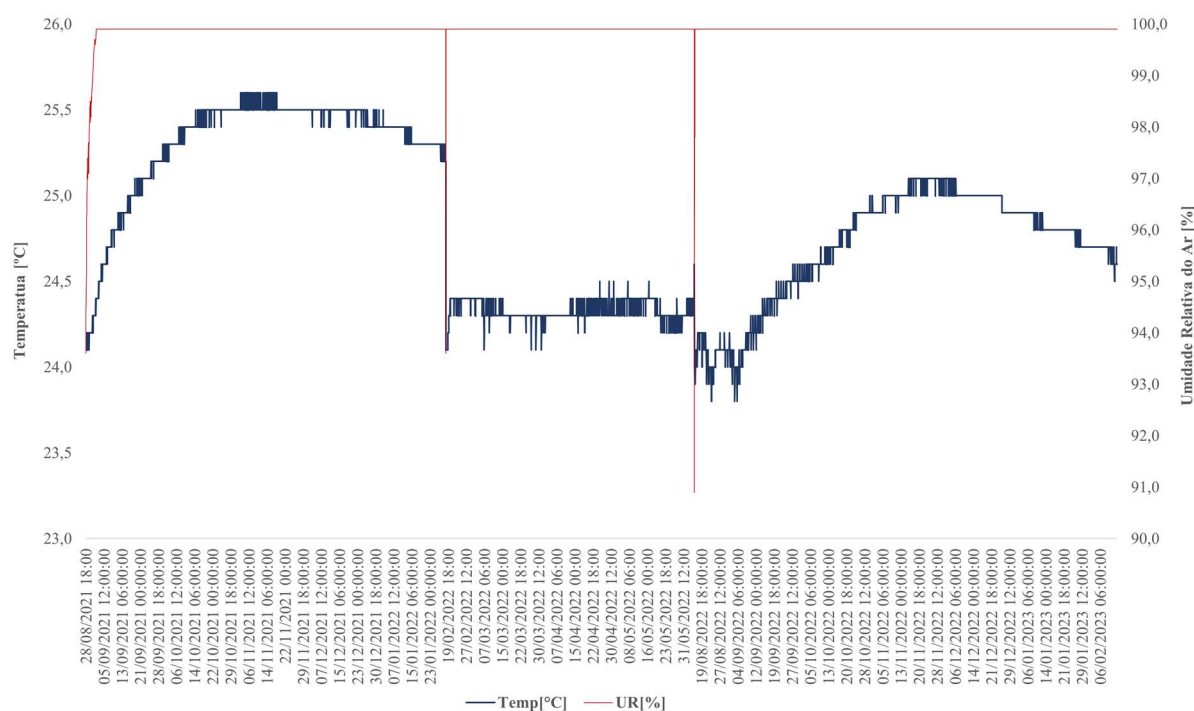


Figura 8. Monitoramento microclimático da caverna N3_0026 obtidos durante o período de 27 de agosto de 2021 a 13 de fevereiro de 2023.

O início das medições coincidiu com o meio da estação seca (agosto de 2021) e o final com o meio da estação chuvosa (fevereiro de 2023) da região. De modo geral, a umidade relativa do ar se manteve constante ao longo do monitoramento, chegando à saturação (99,9%) na maioria dos dias; com um declínio observado no período de seca, em agosto de 2022 (menos de 91%), seguido das temperaturas mínimas (abaixo dos 24 °C) que se estenderam até setembro deste mesmo ano. Contudo, a temperatura tendeu a ser maior nos períodos de seca, com a máxima (25,6 °C) registrada durante o mês de novembro de 2021 (transição seca-chuva).

Complementarmente, quando consideramos a média dos dados de monitoramento por estação (ou sazonalidade), vemos a constância de saturação da umidade relativa do ar (99,9%) e a tendência a estabilidade da temperatura – variando de 24,3-25,5 °C entre as estações seca e chuvosa (Figura 9).

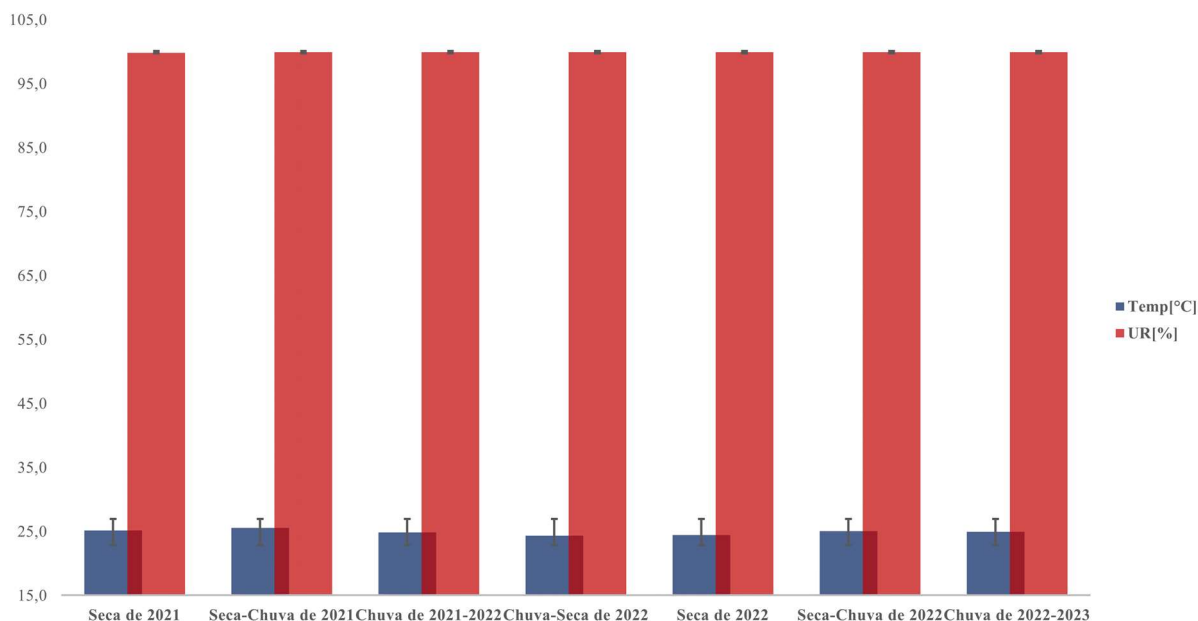


Figura 9. Tendência de estabilidade microclimática da cavidade N3_0026 com ênfase para os valores médios (com desvio padrão) para cada estação do ano amostrada.

Salienta-se que essa cavidade possui fluxo de água – infiltração e/ou percolação – ativo durante quase todo o ano, motivo este que levou a realocação (ZP para ZP-ZA para ZP) do *datalogger* em três momentos distintos devido a umidade excessiva, que gerou *gaps* no monitoramento: *i.* 29/01/2022 16:00 a 18/02/2022 18:00, *ii.* 05/06/2022 01:00 a 16/08/2022 13:00 e *iii)* 13/02/2023 11:00 a 21/03/2023 13:00. Apesar disso, considera-se que tais interrupções não interferiram na coleta e interpretação, tendo em vista a constância dos dados.

▪ Caverna S11D_0001

Do período de 11 de fevereiro de 2022 a 22 de março de 2023, o *datalogger* instalado na zona de penumbra (ZP) da caverna S11D_0001 colheu um total de 9.690 medições, com temperatura e umidade relativa do ar variando de 22,3-29,5 °C e 85,1-99,9%, respectivamente (Tabela 6, Figura 10).

Tabela 6. Resumo das medições de temperatura e umidade relativa do ar, relativas ao monitoramento microclimático na caverna S11D_0001.

	Canais de medição	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios
Início: 11/02/2022 às 18:00:00 Fim: 22/03/2023 às 11:00:00 Número de medição: 9.690 Localização: ZP	Temp. [C°]	22,3	29,5	23,5
	UR [%]	85,1	99,9	99,9

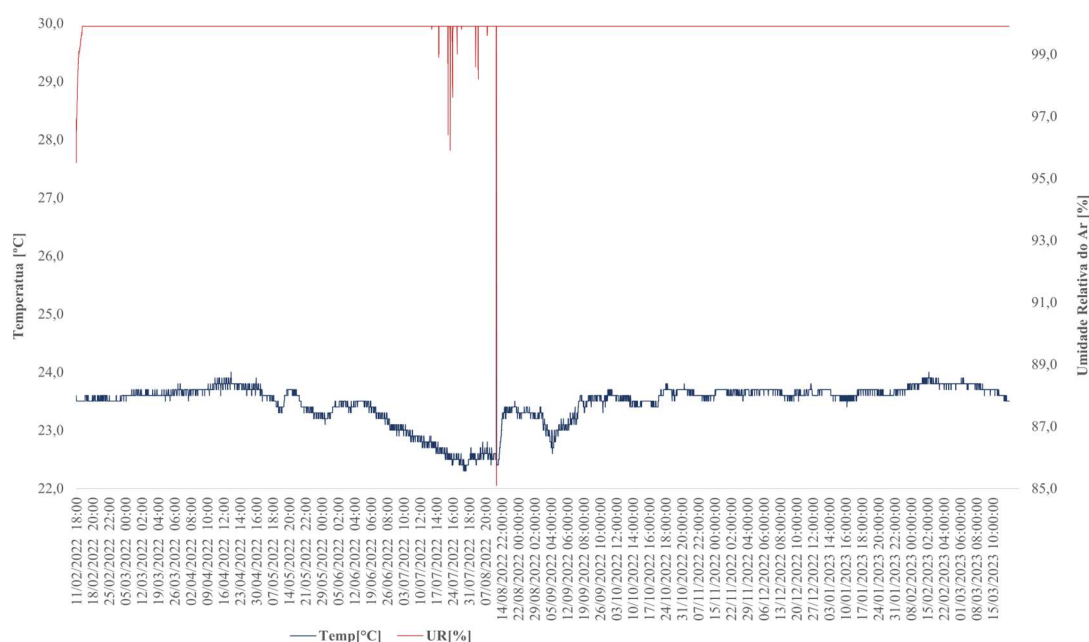


Figura 10. Monitoramento microclimático da caverna S11D_0001 obtidos durante o período de 11 de fevereiro de 2022 a 22 de março de 2023.

O início e o fim das medições coincidiram com o meio da estação chuvosa (agosto de 2021 e março de 2023, na devida ordem) da região. De modo geral, a umidade relativa do ar se manteve constante ao longo do monitoramento, chegando à saturação (99,9%) na maioria dos dias; apresentando um declínio significativo no período seco de agosto de 2022: quase 85%, acompanhada da máxima (29,5 °C) de temperatura registrada. Se tratando da temperatura, notou-se variações ao longo do monitoramento, com mínimas (22,3 °C) ocorrendo durante o período seco do mês de julho de 2022.

▪ Caverna SB_0049

Do período de 16 de fevereiro de 2022 a 07 de abril de 2022, o *datalogger* instalado na zona afótica (ZA) da caverna SB_0049 colheu um total de 1.204 medições, com temperatura e umidade relativa do ar variando de 23,6-24,6 °C e 98-99,9%, respectivamente (Tabela 7, Figura 11).

Tabela 7. Resumo das medições de temperatura e umidade relativa do ar, relativas ao monitoramento microclimático na caverna SB_0049.

	Canais de medição	Valores mínimos	Valores máximos	Valores médios
Início: 16/02/2022 às 18:00:00 Fim: 07/04/2022 às 21:00:00 Número de medição: 1.240 Localização: ZA	Temp. [C°]	23,6	24,6	24,0
	UR [%]	98,0	99,9	99,9

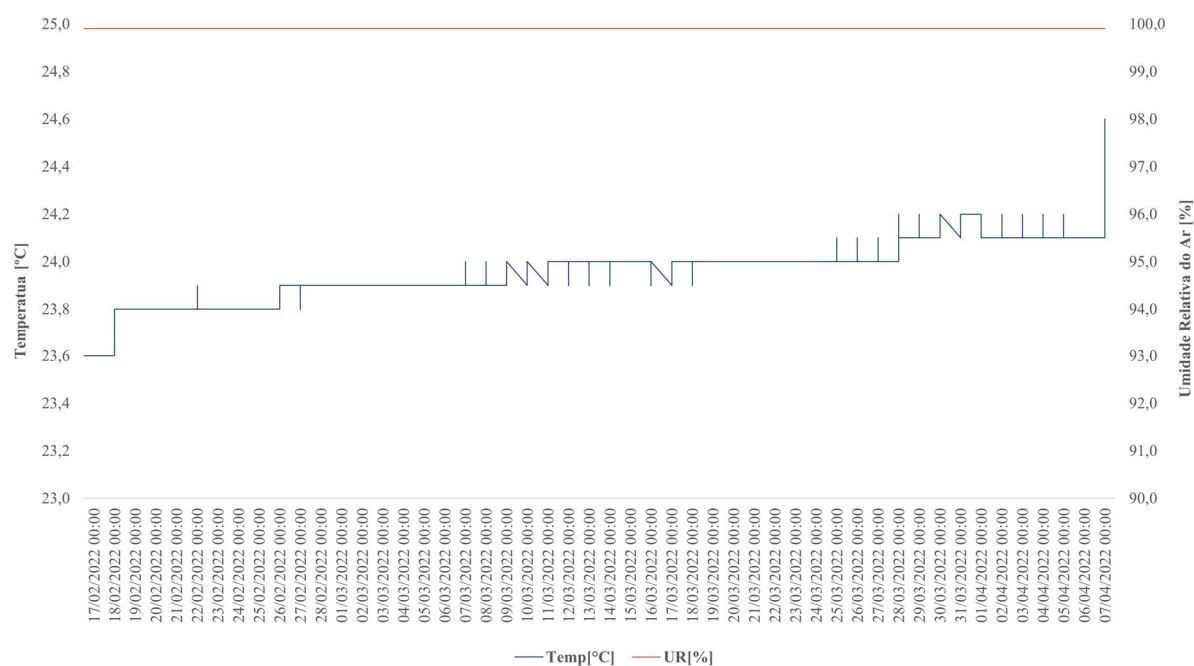


Figura 11. Monitoramento microclimático da caverna SB_0049 obtidos durante o período de 16 de fevereiro de 2022 a 07 de abril de 2022.

O início das medições coincidiu com o meio da estação chuvosa (fevereiro de 2022), terminando antecipadamente no mês de abril de 2022, ainda no período chuvoso da região. De modo geral, a umidade relativa do ar e a temperatura se mantiveram constantes ao longo do monitoramento: a primeira, chegando à saturação (99,9%) durante todos os dias; e a segunda, aumentando gradativamente ao se aproximar do período seco, sendo a máxima (24,6 °C) registrada no último dia medição. Salienta-se que essa caverna possui fluxo de água –

infiltração e/ou percolação – ativo durante quase todo o ano, assim, devido a umidade excessiva o *datalogger* parou as medições antes do previsto. Como as medidas foram pontuais, não foi possível estabelecer generalizações para todas as sazonalidades e nem obter leituras consistentes sobre o funcionamento do microclima da cavidade.

Se tratando dos dados pontuais de temperatura e umidade relativa, observou-se que a maioria das cavidades monitoradas acompanharam a sazonalidade (por exemplo, aumentando a umidade na estação chuvosa). Não só, as cavidades N1_0200, N3_0023 e N3_0026 tiveram variação entre uma mesma estação, com o mês de agosto de 2023 sendo mais seco e quente do que o de agosto de 2022 (Tabela 8).

6.2 Dados bióticos

Entre agosto de 2021 e março de 2023, foram registradas 16 espécies de morcegos nas 20 cavidades estudadas, contemplando períodos das estações seca e chuvosa da região de Carajás (Tabela 9, Figura 12). Correspondendo a cinco famílias de Chiroptera, sendo Phyllostomidae a mais representativa quanto ao número de espécies catalogadas, com 33%; seguida de Mormoopidae, Furipteridae e Natalidae, com 12,5%, 6,25% e 6,25%, respectivamente (Figura 13). Phyllostomidae apresentou seis subfamílias, que contribuíram para compor diferentes conjuntos taxonômicos nas cavidades de estudo (Figura 13).

Adicionalmente, destaca-se o registro inédito de leucismo¹ em morcegos da subfamília Glossophaginae – uma fêmea adulta da espécie *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, para cavernas de Carajás (cavidade S11D_0001), ocorrido em março de 2023 (Figura 14).

Se tratando dos invertebrados, foram registrados 23 táxons nas 13 cavidades estudadas, associados a sete tipos distintos de guano de morcegos, nos períodos seco e chuvoso da região de Carajás (Tabela 10, Figura 15 e 16). Ao passo que em seis cavidades (N1_0206, N1_0208, N3_0003, S11D_0007, S11D_0012 e S11D_0013) não foram identificados guano de morcegos e, consequentemente, fauna associada; enquanto na N4WS_0067, apesar de possuir elevadas quantidades de guano de morcegos insetívoros e, em menor quantidade, de frugívoro, nenhuma fauna foi amostrada nesses recursos/substratos (Tabela 10).

¹ Leucismo é uma anomalia genética que se manifesta como a perda total ou parcial da cor natural, podendo afetar partes ou todo o corpo de um indivíduo (Acevedo; Aguayo, 2008).

Tabela 8. Medidas pontuais de temperatura (=Temp.) e umidade relativa do ar (=UR) mensuradas nas cavidades estudadas com suas respectivas sazonalidades.

Cavidade	Estação seca – agosto de 2021				Estação chuvosa – fevereiro de 2022				Estação seca – agosto de 2022			
	Zonação	Temp.	UR	Horário	Zonação	Temp.	UR	Horário	Zonação	Temp.	UR	Horário
N1_0024	Epígeo	-	-	-	-	-	-	-	=	26,8 °C	68,1%	12h16min.
	ZE-ZP	-	-	-	-	-	-	-	=	26,9 °C	77,2%	12h34min.
N1_0171	ZP	-	-	-	-	-	-	-	=	30,9 °C	75%	14h4min.
	ZA	-	-	-	-	-	-	-	=	30,9 °C	73,9%	15h00min.
N1_0173	Epígeo	-	-	-	-	-	-	-	=	27,4 °C	74,7%	11h30min.
	ZP	-	-	-	-	-	-	-	=	27,9 °C	78,7%	11h40min.
N1_0174	Epígeo	28,9 °C	64%	10h26min.	=	23,4 °C	84,5%	10h15min.	=	24,6 °C	77,7%	09h20min.
	ZE1	27,3 °C	67,1%	10h40min.	=	24 °C	86%	10h09min.	=	27,6 °C	75,6%	11h03min.
	ZP - Colônia central	29,7 °C	60,7%	12h00min.	=	25 °C	84,5%	14h41min.	=	25,5 °C	80%	10h38min.
	ZP - Colônia de <i>D. ecaudata</i>	28,4 °C	65,6%	12h05min.	=	24,8 °C	86%	15h03min.	=	27,8 °C	69,8%	11h08min.
	ZP - Conduto	-	-	-	=	25,4 °C	84,4%	15h30min.	=	27,5 °C	76,4%	11h02min.
	ZP - Próximo à ZE2	-	-	-	=	24,9 °C	89,6%	13h21min.	=	27,8 °C	69,3%	11h21min.
	ZE2	28,2 °C	65,8%	12h30min.	=	25,7 °C	85,9%	15h37min.	=	27,8 °C	69,3%	11h26min.
N1_0200	Epígeo	32 °C	51,9%	12h30min.	=	-	-	-	=	27,3 °C	62%	15h42min.
	ZE1	31,8 °C	55,3%	12h35min.	=	27,3 °C	80,4%	17h12min.	=	27,4 °C	67,1%	15h41min.
	ZP - Próximo à ZA	30,6 °C	58,7%	12h30min.	=	26,8 °C	79,7%	17h00min.	=	28,1 °C	70,3%	15h39min.
	ZA	-	-	-	=	26,4 °C	84%	16h31min.	=	29,5 °C	72,3%	15h30min.
	ZP - Próximo à ZP2	28,4 °C	67,1%	13h00min.	=	27,5 °C	82,6%	16h52min.	=	28,1 °C	73,5%	15h36min.
	ZE2	28,4 °C	67,1%	12h55min.	=	25,8 °C	80,6%	17h03min.	=	28,1 °C	62,8%	15h37min.
N1_0206	Epígeo	29 °C	63,7%	13h40min.	-	-	-	-	-	-	-	-
	ZE	28,8 °C	67%	13h38min.	-	-	-	-	-	-	-	-
N1_0208	Epígeo	-	-	-	=	27 °C	74,4%	14h00min.	-	-	-	-
	ZE1	-	-	-	=	27,5 °C	74,5%	14h05min.	-	-	-	-
	ZE2	-	-	-	=	28 °C	72,4%	14h08min.	-	-	-	-
N3_0003	Epígeo	-	-	-	=	25,6 °C	70%	12h32min.	-	-	-	-
	ZE	-	-	-	=	26,8 °C	82,7%	12h38min.	-	-	-	-
	ZP - Próximo ao fundo	-	-	-	=	26,6 °C	87,6%	12h47min.	-	-	-	-

	ZA - Fundo da caverna	-	-	-	=	26,1 °C	90,1%	14h30min.				
	ZP - Próximo ao conduto	-	-	-	=	24,8 °C	85%	14h21min.	-	-	-	-
	ZA - Conduto à direita	-	-	-	=	26,9 °C	78,9%	13h00min.	-	-	-	-
N3_0023	Epígeo	29 °C	67,3%	10h35min.	=	25,6 °C	70%	12h32min.	=	31 °C	46%	15h22min.
	ZE	28,7 °C	70,7%	10h40min.	=	26,8 °C	82,7%	12h38min.	=	31 °C	54,6%	15h20min.
	ZP	27,4 °C	72,2%	11h21min.	=	26,6 °C	87,6%	12h47min.	=	27,4 °C	78,3%	14h39min.
	ZA	28,7 °C	77,3%	12h50min.	=	25,8 °C	90,1%	14h30min.	=	27,7 °C	86,7%	11h00min.
N3_0026	Epígeo	26,5 °C	75,1%	10h05min.	=	32,4 °C	64,5%	14h28min.	=	28,1 °C	47,9%	12h54min.
	ZE	26,6 °C	74,8%	10h10min.	=	25,8 °C	84,5%	17h44min.	=	28,9 °C	66%	12h43min.
	ZP - Próximo à ZE	26,9 °C	79%	10h19min.	=	28,6 °C	78,4%	15h18min.	=	27,5 °C	71,6%	12h48min.
	ZP - Próximo à ZA	26,2 °C	84,6%	10h52min.	=	29,4 °C	77%	15h11min.	=	27,1 °C	72,4%	12h50min.
	ZA	26,2 °C	85%	10h41min.	=	31 °C	73,2%	15h05min.	=	-	-	-
S11D_0001	Epígeo	-	-	-	=	-	-	-	=	29,6 °C	60,2%	16h28min.
	ZE	-	-	-	=	-	-	-	=	29,9 °C	62,8%	16h00min.
	ZP - Colônia central	-	-	-	=	24,8 °C	90,5%	13h20min.	=	30 °C	70%	15h45min.
	ZP - Colônia <i>P. rubiginosus</i>	-	-	-	=	-	-	-	=	26,1 °C	80,4%	14h21min.
	ZP-ZA	-	-	-	=	-	-	-	=	29,6 °C	74,2%	15h47min.
S11D_0010	Epígeo	-	-	-	=	29,2 °C	79,3%	13h13min.	=	29,6 °C	60,2%	16h28min.
	ZE	-	-	-	=	30,3 °C	77,4%	13h00min.	=	30,1 °C	56%	16h41min.
	ZP-ZA	-	-	-	=	28 °C	86,9%	12h35min.	=	29 °C	79,9%	17h11min.
	ZA	-	-	-	=	25,3 °C	92,7%	11h15min.	=	29,9 °C	74,8%	17h00min.
SB_0049	ZE-ZP	-	-	-	=	26,6 °C	89%	12h44min.	=	27,6 °C	77%	13h09min.
	ZA - Primeiro salão	-	-	-	=	26,5 °C	86,8%	12h53min.	=	26,3 °C	93,1%	13h56min.
	ZA - Colônia central	-	-	-	=	26,1 °C	88,4%	12h59min.	=	26,9 °C	86%	14h05min.
SB_0051	Epígeo	-	-	-	=	27,9 °C	76,5%	10h53min.	=	28,1 °C	47,9%	12h54min.
	ZE	-	-	-	=	27,1 °C	88,6%	12h24min.	=	28,9 °C	66%	12h43min.
	ZE-ZP	-	-	-	=	26,9 °C	81,7%	12h30min.	=	27,5 °C	70,9%	12h51min.
	ZP - Colônia central	-	-	-	=	26,7 °C	82,5%	12h35min.	=	27,5 °C	71,6%	12h48min.

Tabela 9. Espécies de morcegos registrados nas cavernas da Floresta Nacional de Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, com ênfase para a estimativa de abundância, sazonalidade de ocorrência e número das coleções onde foram depositadas.

Cavidade	Família	Subfamília	Espécie	Abundância ^a	Zonação	Estação do ano ^b	Coleção
N1_0024	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE-ZP	Seca (2)	*
	Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838	4	ZA	Chuvosa (2)	CMUFLA4645
		Lonchophyllinae	<i>Hsunycteris</i> aff. <i>thomasi</i> (Allen, 1904)	4	ZA		CMUFLA4637 CMUFLA4638 CMUFLA4639 CMUFLA4640 CMUFLA4641 CMUFLA4642 CMUFLA4634
		Caroliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	1	ZP		CMUFLA4644
		Furipteridae	<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	4	ZP		CMUFLA4654 CMUFLA6455
		Natalidae	<i>Natalus macrourus</i> (Gervais, 1856)	3	ZA		CMUFLA4636
	Emballonuridae	Emballonurinae	-	1	ZE-ZP	Seca (2)	*
N1_0171	cf. Furipteridae			4	ZP-ZA	Seca (2) e chuvosa (2)	*
	Emballonuridae	Emballonurinae	-	1	ZE	Chuvosa (1)	*
N1_0173	Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	1	ZP		*
		Phyllostominae	<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	1	ZP		*
N1_0174	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	2	ZP	Seca (1,2) e chuvosa (1,2)	LESV789 LESV807 LESV822
	Phyllostomidae	Micronycterinae	<i>Lampronnycteris</i> <i>brachyotis</i> (Dobson, 1879)	3	ZP		LESV803 LES824
		Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	2	ZP		LESV788 LES823

N1_0200		Phyllostominae	<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	2	ZP		LESV802
		Glossophaginae	<i>Anoura caudifer</i> (É. Geoffroy, 1818)	2	ZP		LESV806 LESV826
			<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	2	ZP		LESV827
		Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	4	ZP		LESV787 LESV790 LESV791 LESV825 CMUFLA4646 CMUFLA4647
	Mormoopidae		<i>Pteronotus rubiginosus</i> (Wagner, 1843)	1	ZP	Seca (1)	LESV804
			<i>Pteronotus gymnonotus</i> (Wagner, 1843)	1	ZP		LESV805
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	3	ZP	Seca (2) e chuvosa (1,2)	CMUFLA4653
	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	2	ZE	Seca (1,2) e chuvosa (1,2)	LESV793 LESV818
	Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	1		Seca (1)	*
		Lonchorhininae	<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1863	1	ZP		CMUFLA4631
		Phyllostominae	<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	2	ZP	Seca (1,2) e chuvosa (1,2)	*
		Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	4	ZP + ZA		LESV794 LESV819
N1_0206	Emballonuridae	Emballonurinae		1	ZE	Seca (1)	*
N1_0208	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE	Chuvosa (1)	LESV817
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	1	ZE		*
N3_0003	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE	Seca (2)	LESV832

N3_0005	Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	3	ZP		LESV833
		Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	4	ZP		LESV834
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	4	ZP-ZA		*
	-	-	-	-	-		-
N3_0023	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	2	ZP	Seca (1,2) e chuvosa (1,2)	LESV795 LESV800 LESV820
	Phyllostomidae	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	1	ZA	Seca (1)	*
		Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	1	ZP	Seca (1,2) e chuvosa (1,2)	LESV799 LESV821
Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE	LESV796 LESV814 LESV835		
N3_0026	Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	2	ZP		LESV797 LESV816 CMUFLA4648
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	2	ZP-ZA		LESV798 LESV815
N4WS_0067	Emballonuridae	Emballonurinae		2	ZE + ZE-ZP	Seca (1)	*
	Phyllostomidae	Carolliinae		2	ZE		*
	cf. Furipteridae			4	ZA		*
	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV810
S11D_0001	Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i> Gray, 1838	4	ZP	LESV801 LESV828	
		Lonchophyllinae	sp.	3	ZP	Seca (2) e chuvosa (2)	CMUFLA4630 CMUFLA4635
	Mormoopidae		<i>Pteronotus rubiginosus</i> (Wagner, 1843)	4	ZE + ZP	Seca (2) e chuvosa (2)	LESV830 CMUFLA4633
S11D_0007	Phyllostomidae	Carolliinae		1	ZP	Chuvosa (1)	*
S11D_0010	Emballonuridae	Emballonurinae	<i>Peropteryx kappleri</i> Peters, 1867	1	ZE	Seca (2) e chuvosa (2)	LESV831

S11D_0012 S11D_0013	Phyllostomidae	Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	2	ZP	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV808
	Mormoopidae		<i>Pteronotus rubiginosus</i> (Wagner, 1843)	3	ZA	Seca (2) e chuvosa (2)	*
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	2	ZP/ZA	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV809
	-	-	-	-	-	Seca (2)	-
	Emballonuridae	Emballonurinae		1	ZA	Chuvosa (1)	*
SB_0049	Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Phyllostomus latifolius</i> (Thomas, 1901)	1	ZA	Chuvosa (2)	CMUFLA4632
			<i>Trachops cirrhosus</i> (Spix, 1823)	1	ZA	Seca (2) e chuvosa (1)	*
		Carolliinae	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	4	ZA	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV812 LESV836 CMUFLA4651 CMUFLA4652
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	4	ZA	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV813
SB_0051	Emballonuridae	Emballonurinae		1	ZE	Seca (2) e chuvosa (1,2)	LESV811
	Phyllostomidae	Carolliinae		1	ZP	Seca (2) e chuvosa (2)	*
	Furipteridae		<i>Furipterus horrens</i> (Cuvier, 1828)	4	ZP	Seca (2) e chuvosa (1,2)	*

* Dados de avistamento

^a Pontuação de abundância modificada da estimativa de Arita (1996), Quibod *et al.* (2019) e Bejec *et al.* (2020): 1 (1–10 indivíduos), 2 (11–50 indivíduos), 3 (51–100 indivíduos), 4 (>101 indivíduos).

^b Corresponde as amostragens feitas em estações do ano de períodos distintos: 1 – estação seca em agosto de 2021, 2 – estação chuvosa em fevereiro de 2022, 3 – estação seca em agosto de 2022, 4 – estação chuvosa em março de 2023.



Figura 12. Espécies de morcegos registradas no presente estudo: *Peropteryx kappleri* (A), *Carollia perspicillata* (B), *Lamproncycteris brachyotis* (C), *Pteronotus rubiginosus* (D), *Anoura geoffroyi* (E), *Furipiterus horrens* (F), *Diphylla ecaudata* (G), *Anoura caudifer* (H), *Trachops cirrhosus* (I), *Pteronotus gymnonotus* (J), *Hsunycteris thomasi* (K), *Natalus macrourus* (L), *Lonchorhina aurita* (M), *Phyllostomus latifolius* (N) e *Glossophaga soricina* (O). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos (A-I) e Morcegos do Brasil (J-P).

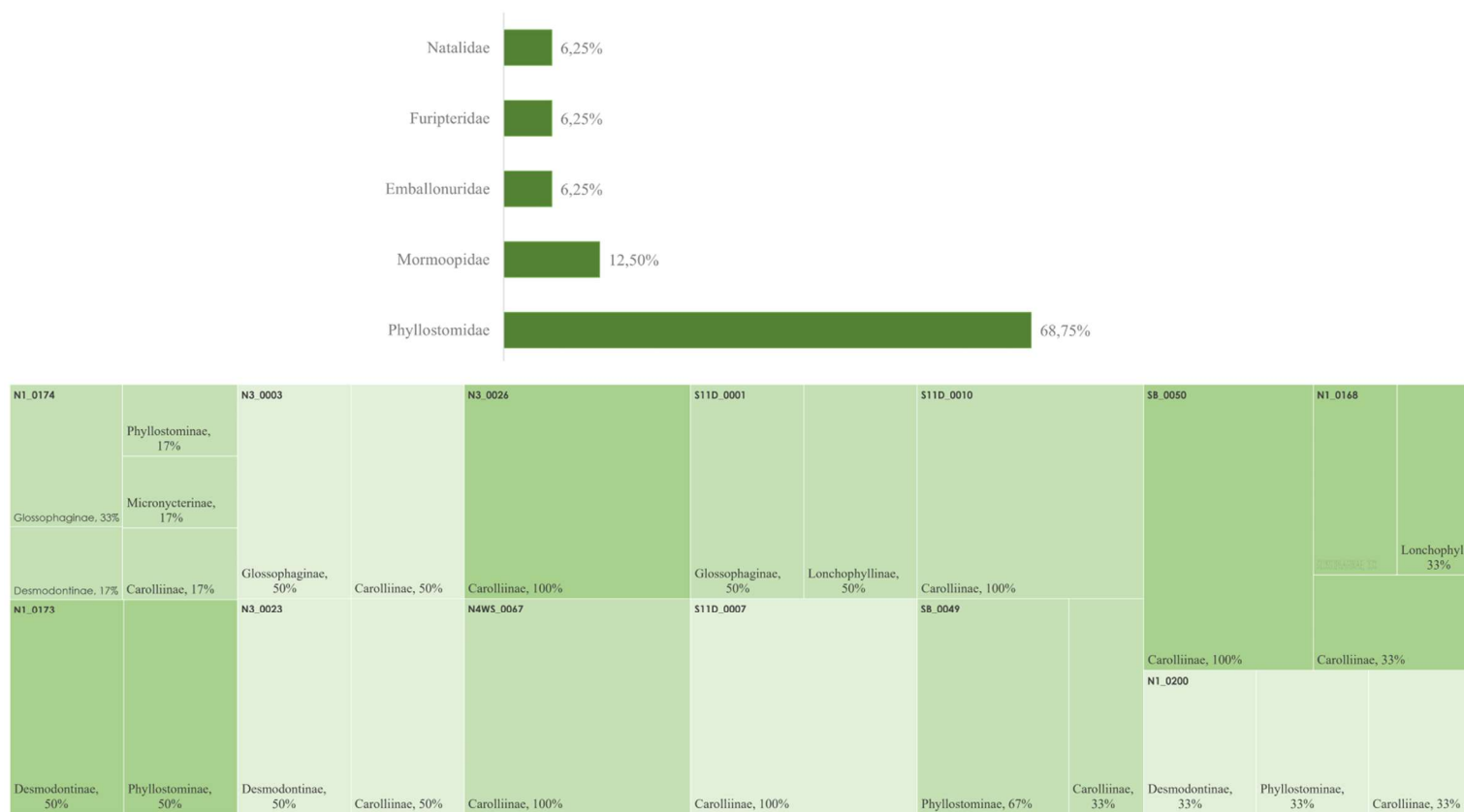


Figura 13. Diagramas de representação das famílias (acima) na amostra geral e das subfamílias de Phyllostomidae (abaixo) que compõem as comunidades das cavernas estudadas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque dos Campos Ferruginosos.

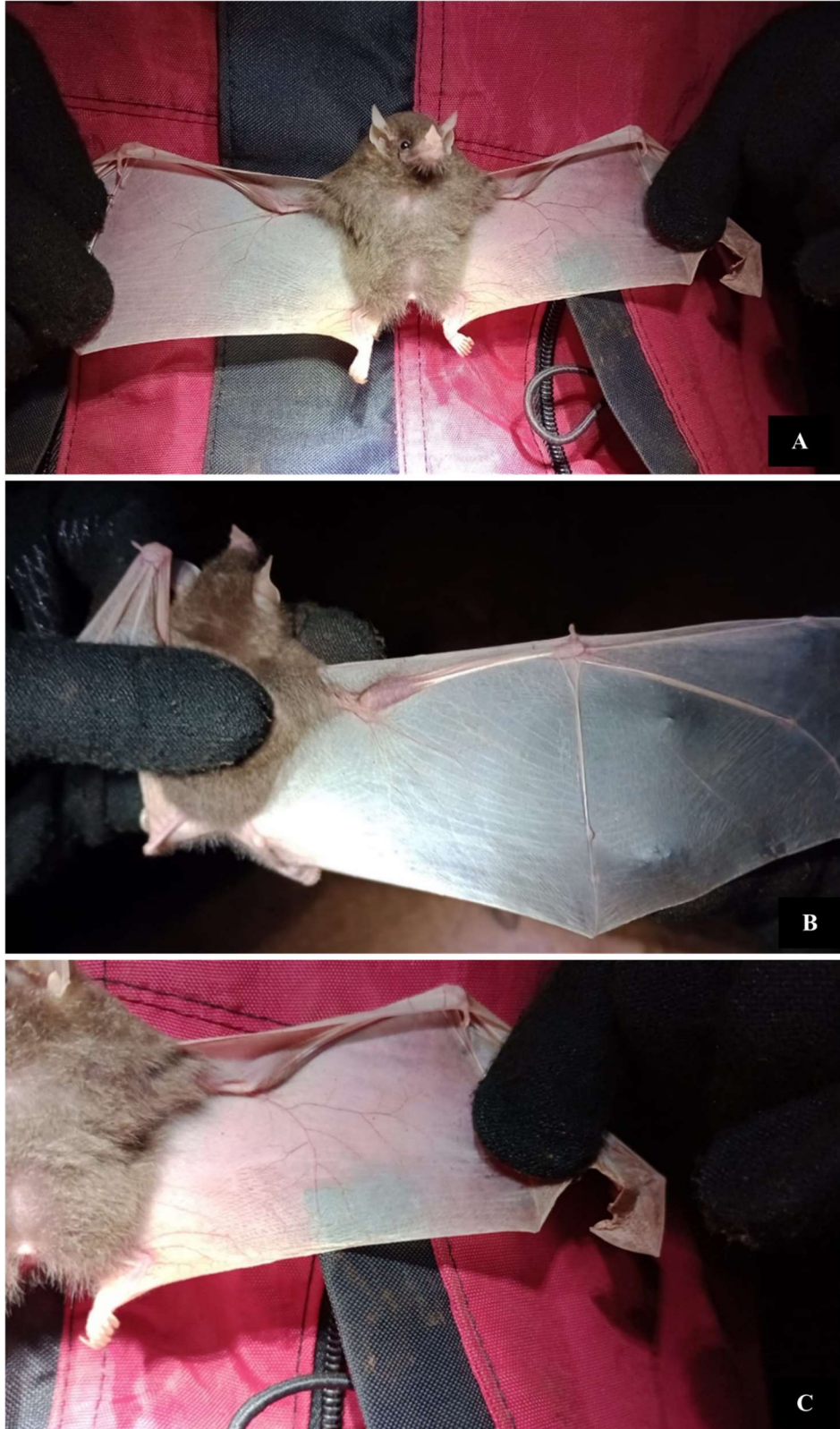


Figura 14. Leucismo em uma fêmea adulta de *Anoura geoffroyi* capturada na cavidade S11D_0001: vista ventral do espécime (A), detalhe da asa em vista dorsal (B) e ventral (C). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos

Tabela 10. Táxons de invertebrados registrados nas cavernas da Floresta Nacional de Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, encontrados nos diferentes tipos de guano de morcegos em sazonalidades e zonações distintas. Onde: GUA = Guano de morcego, INS = insetívoro, FRU = frugívoro, HEM = hematófago, CAR = carnívoro, ONI = onívoro e NEC = nectarívoro; indet. = indeterminado.

Cavidade N1_0024							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Coleoptera			sp.	GUA misto (INS + FRU)	ZE-ZP	Seca (2)
	Blattaria			sp.			
	Isoptera			sp.			
	Hymenoptera		Formicidae	sp.			
	Hemiptera			sp.			
Entognatha	Collembola			sp.			
Chilopoda	cf. Geophilomorpha			sp.			
Cavidade N1_0168							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Diptera			sp.	GUA FRU	ZA	Chuvosa (2)
	Lepidoptera			sp.			
	Hemiptera			sp.	GUA INS		
	Lepidoptera			sp.			
Cavidade N1_0171							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Isoptera			sp.	GUA HEM	ZA	Seca (2)
	Hymenoptera		Formicidae	sp.			
	Zygentoma		Nicoletiidae	sp.			
	cf. Coleoptera			sp.			
	Blattaria			sp.			
Arachnida	Opiliones			sp.	GUA HEM	ZA	Seca (2)
	Pseudoscorpiones			sp.			
	Araneae	Araneomorphae		sp.			
	Araneae	Araneomorphae	Caponiidae	sp.			
Diplopoda	Polydesmida		cf. Cryptodesmidae	sp.			
Malacostraca	Isopoda			sp.			
Insecta	Orthoptera			sp.	GUA INS	ZP	
Arachnida	Pseudoscorpiones			sp.			
	Araneae	Araneomorphae		sp.			
	Opiliones			sp.			

Cavidade N1_0173							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Entognatha	Diplura			sp.			
Diplopoda	Polydesmida			sp.	GUA CAR	ZP	Chuvosa (1)
Insecta	Hemiptera		Cixiidae	sp.			
Cavidade N1_0174							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Hemiptera		Reduviidae	sp.	GUA indet. e FRU		Seca (1)
	Blattaria		Blaberidae	sp.	GUA indet.		
	Orthoptera		Phalangopsidae	sp.	GUA FRU, HEM e misto (ONI + FRUG + indet. + CAR)		Seca (1 e 2)
	Lepidoptera			sp.			Seca (1 e 2) e chuvosa (1 e 2)
	Hymenoptera		Formicidae	sp.	GUA FRU e misto (ONI + FRUG + indet. + CAR)		Seca (1) e chuvosa (1 e 2)
	Blattaria			sp.			
	Hemiptera		Cydnidae	sp.			
	Hemiptera		Cixiidae	sp.	GUA FRU		Chuvosa (1 e 2)
Malacostraca	Isopoda			sp.			
Arachnida	Araneae	Araneomorphae	Segestriidae	<i>Ariadna</i> sp.	GUA FRU e misto (ONI + FRUG + indet. + CAR)	ZP	Seca (1) e chuvosa (1)
	Pseudoscorpiones			sp.	GUA misto (ONI + FRUG + indet. + CAR)		Chuvosa (2)
	Araneae	Araneomorphae	Gnaphosidae	sp.	GUA FRU		Chuvosa (1)
	Pseudoscorpiones		Chernetidae	sp.			
	Araneae	Mygalomorphae	Theraphosidae	<i>Munduruku bicoloratum</i>			Seca (1)
Insecta	Isoptera			sp.	GUA HEM		
	Coleoptera			sp.			Seca (1) e chuvosa (1)
	Diptera		Muscidae	sp.			
	Diptera			sp.	GUA misto (ONI + FRUG + indet. + CAR)		Chuvosa (1 e 2)
Cavidade N1_0200							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Coleoptera		Tenebrionidae	sp.	GUA FRU	ZE	Seca (1)

	Hymenoptera	Formicidae	sp.				
	Psocoptera		sp.				
	Blattaria		sp.			ZP	
Arachnida	Acari		sp.				
	Pseudoscorpiones	Chernetidae	<i>Spelaeochernes</i> sp.				

Cavidade N1_0206

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							

Cavidade N1_0208

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							

Cavidade N3_0003

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
	Psocoptera			sp.			
	Orthoptera			sp.			
	Hymenoptera			sp.			
	Diptera			sp.			
	Hemiptera			sp.			
	Coleoptera			sp.			
Gastropoda				sp.	GUA misto (FRU + NEC)	ZP	Seca (2)
Malacostraca	Isopoda			sp.			
Diplopoda	Polydesmida		cf. Pyrodesmidae	sp.			
	Araneae			sp.			
Arachnida	Acari			sp.			

Cavidade N3_0005

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							

Cavidade N3_0023

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
	cf. Zygentoma			sp.			
	Diptera			sp.	GUA HEM	ZP	Seca (1)
Arachnida	Pseudoscorpiones		Chernetidae	sp.			

	Araneae	Araneomorphae	Symphytognathidae	sp.			
	Hymenoptera			sp.	GUA INS	ZE	
Insecta	Plecoptera			sp.			
	Orthoptera			sp.	GUA FRU	ZP	Seca (2)
Cavidade N3_0026							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
	Blattaria			sp.	GUA INS	ZP e ZP/ZA	
Insecta	Zygentoma		cf. Nicoletiidae	sp.		ZP/ZA	Seca (1) e chuvosa (1)
	Hemiptera		Cydnidae	sp.	GUA INS e FRU	ZP e ZP/ZA	
	Acari			sp.	GUA INS, FRU e misto (INS + FRU)	ZP	Seca (1 e 2) e chuvosa (2)
Arachnida	Araneae	Araneomorphae		sp.	GUA misto (INS + FRU)	ZP/ZA	Seca (2)
	Araneae	Araneomorphae	Ochyroceratidae	<i>Ochyrocera</i> sp.		ZP/ZA	Chuvosa (1)
Chilopoda	Scolopendromorpha			sp.	GUA INS		
Diplopoda	Polydesmida		Pyrgodesmidae	sp.		ZP e ZP/ZA	Seca (1) e chuvosa (1)
	Psocoptera			sp.	GUA FRU	ZP	Seca (1 e 2)
	Diptera			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU)	ZP e ZP/ZA	Seca (1 e 2)
	Diptera		Muscidae	sp.		ZP e ZP/ZA	Chuvosa (1)
	Isoptera			sp.	GUA FRU	ZP e ZP/ZA	Seca (1) e chuvosa (1)
Insecta	Hemiptera			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU)	ZP e ZP/ZA	Chuvosa (1 e 2) e seca (2)
	Hymenoptera			sp.			
	Hymenoptera		Formicidae	sp.	GUA misto (INS + FRU)	ZP/ZA	
	Coleoptera			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU)	ZP e ZP/ZA	
	Lepidoptera			sp.			Seca (2)
	Orthoptera			sp.			
Diplopoda	Spirostreptida		Pseudonannolenidae	sp.	GUA misto (INS + FRU)	ZP/ZA	
	cf. Diplura			sp.			
Entognatha	Collembola	Entomobryomorpha		sp.	GUA FRU	ZP	

Cavidade N4WS_0067

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							
Cavidade S11D_0001							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Arachnida	Acari			sp.	GUA misto (NEC + INS)	ZP	Chuvosa (1) e seca(2)
	Opiliones			sp.			Seca (2)
	Opiliones		Stygnidae	sp.	GUA NEC	ZA	Chuvosa (1)
	Pseudoscorpiones		cf. Chernetidae	sp.			
	Araneae	Araneomorphae	Ochyroceratidae	<i>Ochyrocera</i> sp.		ZP/ZA	
	Araneae	Araneomorphae		sp.	GUA NEC e misto (NEC + INS)	ZP/ZA e ZP	Chuvosa (1) e seca (2)
	Pseudoscorpiones		cf. Chthoniidae	sp.	GUA NEC	ZP/ZA	Chuvosa (1)
	Pseudoscorpiones			sp.			
Entognatha	cf. Diplura			sp.	GUA NEC e misto (NEC + INS)	ZP/ZA e ZP	Chuvosa (1 e 2) e seca (2)
	Diptera			sp.			
Insecta	Hymenoptera		Formicidae	sp.		ZP	Chuvosa (1 e 2) e seca (2)
	Hymenoptera			sp.			
	Orthoptera			sp.			
	Coleoptera			sp.			
Chilopoda	Scutigeroformes			sp.			Chuvosa (1)
Insecta	Blattaria			sp.	GUA misto (NEC + INS)	ZP	Chuvosa (2)
Cavidade S11D_0007							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							
Cavidade S11D_0010							
Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Arachnida	Pseudoscorpiones			sp.	GUA INS, FRU e misto (FRU+ INS)	ZP e ZP/ZA	Chuvosa (1) e seca (2)
	Acari			sp.	GUA FRU e misto (FRU+ INS)		
	Araneae	Araneomorphae		sp.		ZP/ZA	Seca (2)
Insecta	Coleoptera		Scydmaenidae	sp.	GUA FRU	ZP	Chuvosa (2)
	Orthoptera			sp.			

	Blattaria		sp.			
	Hemiptera	cf. Cydnidae	sp.			
	Hymenoptera	Formicidae	sp.	GUA misto (FRU+ INS)		Chuvosa (1)
Malacostraca	Isopoda		sp.			

Cavidade S11D_0012

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							

Cavidade S11D_0013

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Sem fauna associada ao guano de morcegos							

Cavidade SB_0049

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Entognatha	Collembola			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU + CAR)		Chuvosa (1) e seca (2)
	Diplura			sp.			Chuvosa (1)
Diplopoda				sp.	GUA misto (INS + FRU + CAR)		
	cf. Polydesmida			sp.			
Arachnida	Acari			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU + CAR)		Chuvosa (1) e seca (2)
	Opiliones			sp.			
	Pseudoscorpiones			sp.			
	Araneae	Araneomorphae	Ochyroceratidae	<i>Ochyrocera</i> sp.	GUA misto (INS + FRU + CAR)		Chuvosa (1)
Malacostraca	Isopoda			sp.		ZA	Chuvosa (1) e seca (2)
Gastropoda				sp.			
	Trichoptera			sp.			Chuvosa (1)
Insecta	Diptera			sp.	GUA FRU, CAR e misto (INS + FRU + CAR)		Chuvosa (1) e seca (2)
	Coleoptera			sp.			
	Coleoptera	cf. Staphylinidae		sp.			Chuvosa (1)
	Orthoptera			sp.	GUA FRU e misto (INS + FRU + CAR)		Chuvosa (1) e seca (2)
	Hymenoptera			sp.			
	Hemiptera			sp.			Chuvosa (2)

	Hemiptera	Cixiidae	sp.		
	Hemiptera	cf. Cydnidae	sp.		Chuvosa (1)
	Lepidoptera		sp.		
Nematoda			sp.	GUA FRU	Seca (2)

Cavidade SB_0051

Classe	Ordem	Subordem	Família	Espécie	Substrato	Zonação	Estação do ano ^a
Insecta	Hemiptera			sp.			
	Coleoptera			sp.			
Malacostraca	Isopoda			sp.	GUA INS	ZE/ZP	Chuvosa (1)
Entognatha	Collembola			sp.			

^a Corresponde as amostragens feitas em estações do ano de períodos distintos: 1 – estação seca em agosto de 2021, 2 – estação chuvosa em fevereiro de 2022, 3 – estação seca em agosto de 2022, 4 – estação chuvosa em março de 2023.

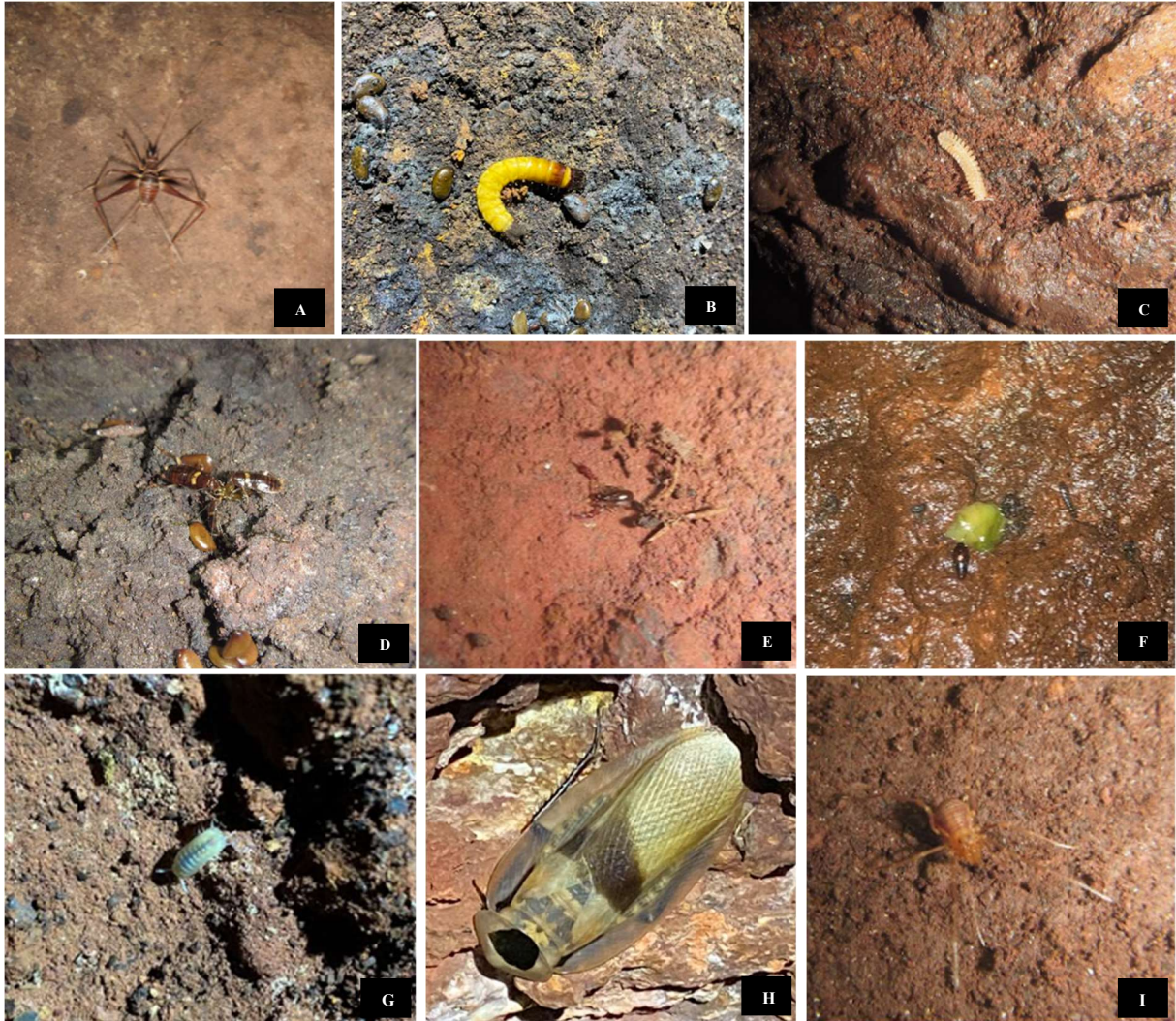


Figura 15. Alguns invertebrados associados ao guano de morcegos registrados nas cavidades da Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: Orthoptera – N1_0174 (A), Tenebrionidae – N1_0200 (B), cf. Cryptodesmidae – SB_0049 (C), Blattaria – N1_0174 (D), Pseudoscorpiones – S11D_0001 (E), Coleoptera – SB_0049 (F), Isopoda – N1_0174 (G), Blattaria – N1_0174 (H) e Opiliones – SB_0049 (I).
Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

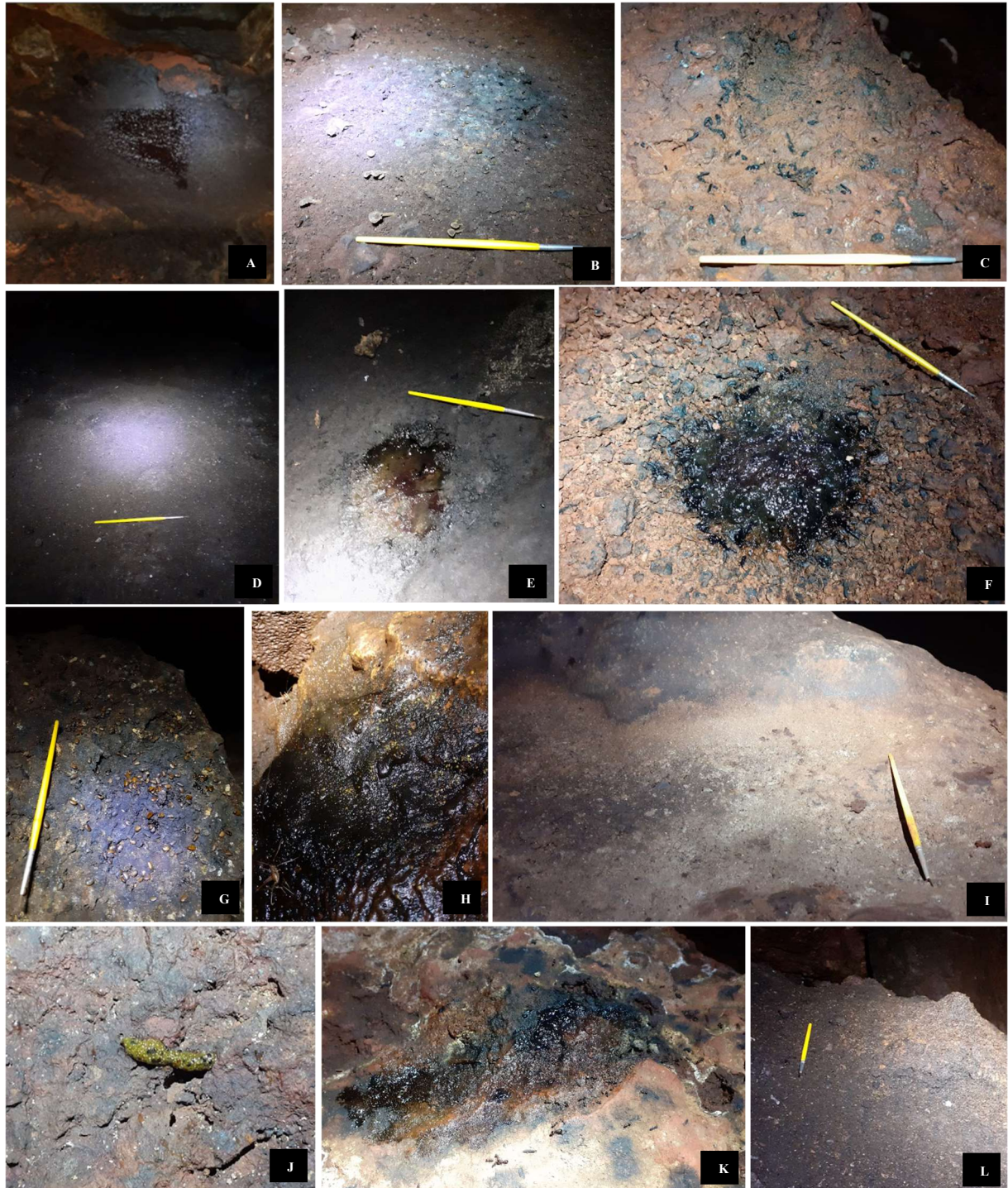


Figura 16. Guano de morcegos nas cavidades amostradas na Floresta Nacional de Carajás e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos: hematófago – N1_0174 (A), frugívoro – N1_0200 (B), carnívoro – N1_0173 (C), insetívoro – N3_0023 (D), hematófago – N3_0023 (E), hematófago – N1_0173 (F), frugívoro – N3_0026 (G), misto insetívoro + frugívoro – SB_0049 (H), misto nectarívoro + insetívoro – S11D_0001 (I), frugívoro – N3_0003 (J). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

6.2.1 Quirópteros

▪ Índices de Diversidade Alfa (α)

Entre as comunidades avaliadas, a cavidade N1_0174 apresentou a maior riqueza de espécies ($n=10$), enquanto as N1_0024, N1_0206, S11D_0007 e S11D_0013 tiveram a menor riqueza, com uma espécie cada. Complementarmente, o Índice de Shannon-Wiener mostrou uma maior diversidade de espécies na N1_0174, seguida pela N1_0168; contudo, nesta última, o padrão de distribuição de abundância das espécies apresentou uma equitabilidade mais alta. Em contrapartida, a cavidade SB_0051 foi a menos equitativa, tendo uma espécie altamente dominante (Tabela 11).

Tabela 11. Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e de Equitabilidade de Pielou (J') para as cavidades estudadas.

	N1_0024	N1_0168	N1_0171	N1_0173	N1_0174	N1_0200
H'	0	1.36816	0.0551	1.09861	1.64403	0.67727
J'	0	0.85009	0.7949	1	0.71399	0.42081
	N1_0206	N1_0208	N3_0003	N3_0023	N3_0026	N4WS_0067
H'	0	0.69315	1.07758	0.53596	0.84186	0.59364
J'	0	1	0.77731	0.48785	0.76629	0.54035
	S11D_0001	S11_0007	S11D_0010	S11D_0013	SB_0049	SB_0051
H'	1.07758	0	0.88141	0	0.748245	0.10922
J'	0.77731	0	0.63579	0	0.53974	0.09942

Se tratando da análise de diversidade baseada nos Números ou Séries de Hill, a cavidade N1_0168 foi a mais diversa. Isso, considerando que, apesar da riqueza, comunidades que apresentam alta dominância de uma espécie (como é o caso da N1_0174), quando se altera os valores de q diminui consideravelmente a estimativa de diversidade. Já as comunidades igualmente abundantes, ao se alterar o valor de q , o número efetivo de espécies permanece o mesmo, não interferindo na diversidade final (Tabela 12).

Tabela 12. Diversidade de morcegos baseada nos Números ou Séries de Hill para as cavidades estudadas.

	$q = 0$	$q = 1$	$q = 2$		$q = 0$	$q = 1$	$q = 2$
N1_0024	1	1.00000	1.00000	N3_0023	3	1.70909	1.37399
N1_0168	5	3.92812	3.79536	N3_0026	3	2.32067	2.17696
N1_0171	2	1.05665	1.01980	N4WS_0067	3	1.81057	1.44872
N1_0173	3	3.00000	3.00000	S11D_0001	4	2.93756	2.80456
N1_0174	10	5.17599	3.57724	S11D_0007	1	1.00000	1.00000
N1_0200	5	1.96849	1.49593	S11D_0010	4	2.41429	1.92546
N1_0206	1	1.00000	1.00000	S11D_0013	1	1.00000	1.00000

N1_0208	2	2.00000	2.00000	SB_0049	4	2.11329	2.03960
N3_0003	4	2.93756	2.80456	SB_0051	3	1.11541	1.03960

▪ Índices de Diversidade Beta (β)

Entre as comunidades avaliadas, o Índice de Sørensen ($\beta = 0.8697023$) mostrou que o componente principal de variação é representado, em cerca de 70%, pelo *turnover* ($\beta_{tur} = 0.7171053$), enquanto o aninhamento ($\beta_{nes} = 0.151597$) contribui para a diversidade beta em, aproximadamente, 15% das cavidades estudadas (Figura 17).

Se tratando da diversidade beta total, as comunidades se mostraram dissimilares entre si; sendo que a cavidade S11D_0007 apresentou maior variação na composição de espécies quando comparada, par a par, com sete cavidades do estudo. O *turnover*, representado pela troca de espécies na maioria das cavidades, indicou (a partir das comparações par a par) o papel central do microclima das cavernas N1_0168, N1_0174, S11D_0001 e SB_0049 na determinação de conjuntos taxonômicos particulares. Já o aninhamento, apesar de parte pequena da variação das comunidades, evidenciou a existência de subpopulações menores que usam certas cavidades somente como um local de passagem; e chamou a atenção para a perda de espécies, observada, por exemplo, entre a N1_0174 e SB_0049.

▪ Diagrama de Whittaker

A partir do Diagrama de Whittaker (Figura 18), nota-se o padrão de distribuição da abundância relativa das espécies entre as comunidades estudadas, onde: grandes colônias de *Carollia perspicillata* dominam as cavidades N1_0174 e N1_0200 e de *Furipterus horrens* dominam a N4WS_0067 e a S11D_0051, sendo estas espécies as mais frequentes nas comunidades juntamente com *Peropteryx kappleri*. Espécies intermediárias, ou seja, com abundâncias semelhantes entre si, se fizeram presentes na maioria das cavidades; enquanto aquelas mais raras – *Pteronotus gymnonotus* (na N1_0174), *Lonchophyllinae* sp. (na S11D_0001) e *Phyllostomus latifolius* (na SB_0049), mostram além de abundâncias reduzidas menores frequências de ocorrência entre as amostras.

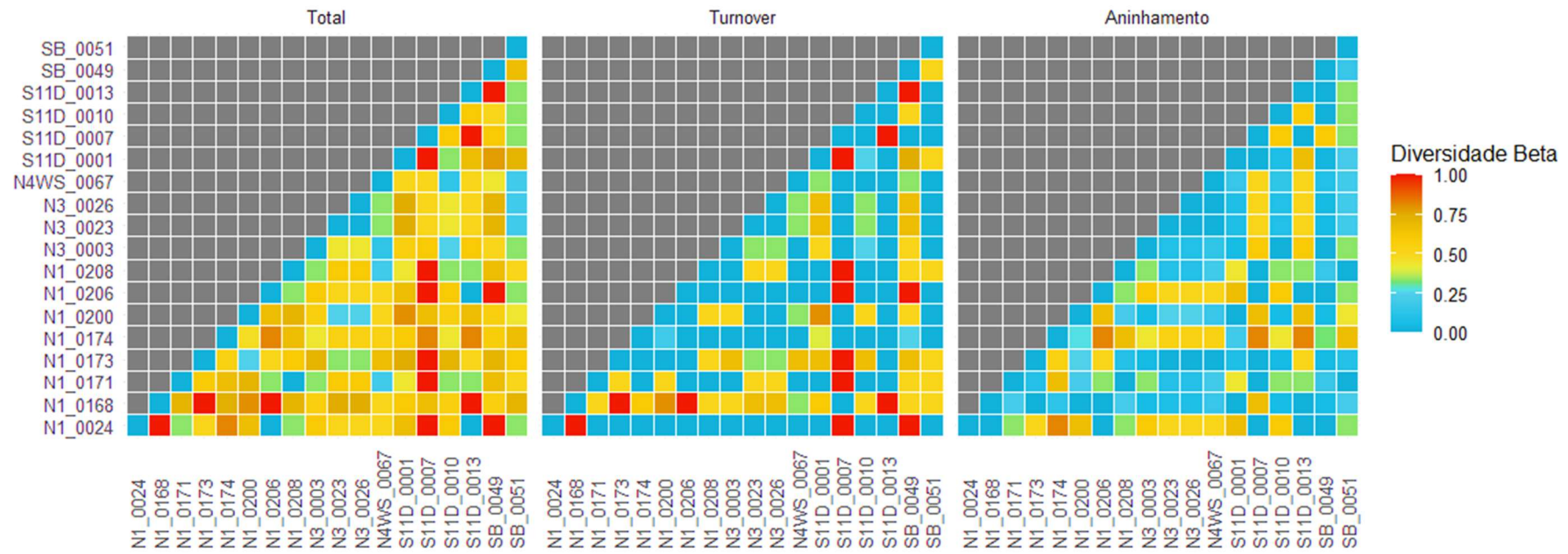


Figura 17. Betadiversidade total e particionada em *turnover* e aninhamento, observadas a partir de comparações par a par das cavidades estudadas (eixos x e y).

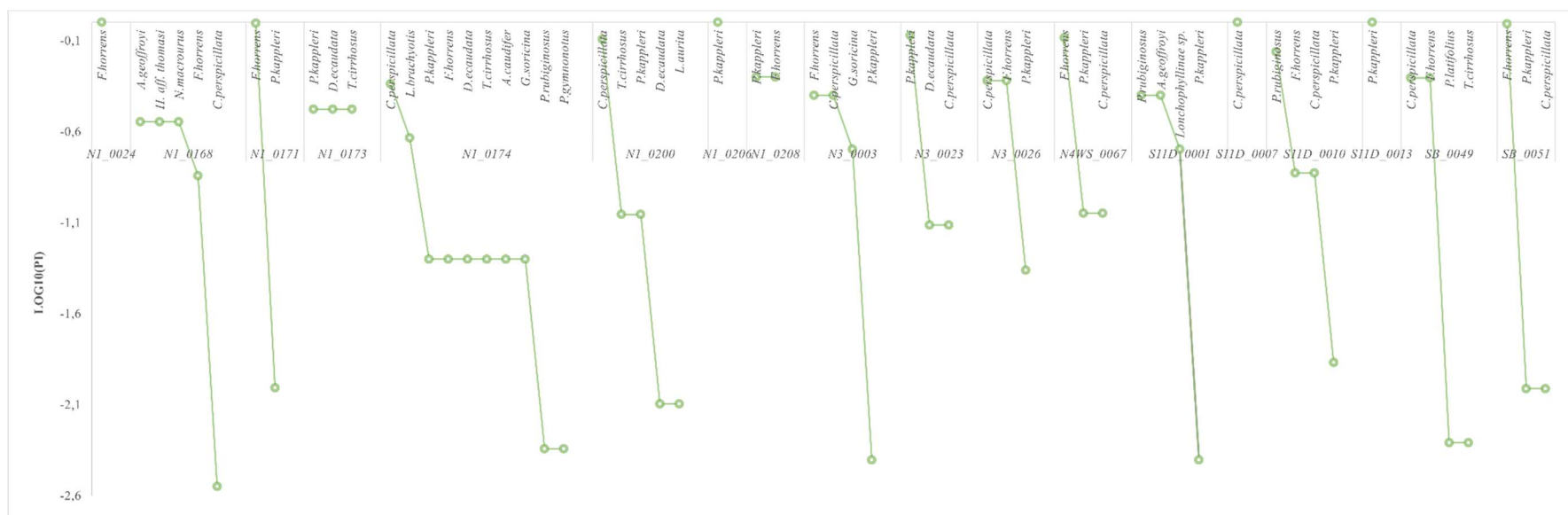


Figura 18. Diagrama de Whittaker com o *ranking* das espécies dominantes, intermediárias e raras, observadas a partir das linhas de abundâncias (eixo y – plotagem em escala logarítmica) que representam os conjuntos taxonômicos de cada cavidade estudada (eixo x).

▪ Frequência de captura e periodicidade de ocorrência

As cavidades estudadas compartilham grupos taxonômicos similares e, em sua maioria, apresentam dominância da espécie *Carollia perspicillata* – frequentemente capturada nas duas estações do ano, mas com taxas mais elevadas nos períodos chuvosos (Δ 28,57-81,81%). Em contraste, nas cavernas que possuem conjuntos de espécies distintas obteve-se: na S11D_0001 a maior frequência de captura para *Anoura geoffroyi*, que se manteve aproximada (26,66-24,44%) nas duas estações do ano; na N1_0168 as frequências de *A. geoffroyi* e *Hsunycteris* aff. *thomasi* foram equivalentes, mas sem um comparativo de sazonalidade, já que a amostragem ocorreu somente em uma estação chuvosa (Tabela 13, Figura 19).

Para além das capturas sazonais, as cavidades N1_0174, S11D_0001, SB_0049 e SB_0051 permaneceram habitadas por numerosas e estáveis (com variação de tamanho populacional pouco notável) colônias de morcegos ao longo do estudo, na devida ordem: *C. perspicillata*, *A. geoffroyi*, *C. perspicillata* e *F. horrens*. Já as cavernas N3_0026 e S11D_0010 apresentaram grupos menores e variação acentuada no número de indivíduos, principalmente de *Carollia perspicillata* (20-2 e 15-1) e *Furipterus horrens* (15-0 e 20-0), entre a primeira e a última campanha de amostragem, nessa ordem para as cavidades e campanhas.

Tabela 13. Composição taxonômica de quirópteros nas cavernas estudadas: número total de indivíduos capturados e porcentagem da frequência de captura nas estações chuvosa e seca.

Cavidade N1_0168 (26: 5 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Anoura geoffroyi</i>	9	34,62	-
<i>Hsunycteris</i> aff. <i>thomasi</i>	9	34,62	-
<i>Carollia perspicillata</i>	1	3,85	-
<i>Furipterus horrens</i>	3	11,54	-
<i>Natalus macrourus</i>	2	7,69	-
Cavidade N1_0174 (104: 10 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	9	2,88	5,77
<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	7	2,88	3,85
<i>Diphylla ecaudata</i>	6	-	5,77
<i>Trachops cirrhosus</i>	2	1,02	-
<i>Anoura caudifer</i>	3	0,96	1,92
<i>Glossophaga soricina</i>	2	0,96	0,96
<i>Carollia perspicillata</i>	75	56,73	15,38
<i>Pteronotus rubiginosus</i>	1	-	0,96
<i>Pteronotus gymnotus</i>	1	-	0,96
<i>Furipterus horrens</i>	1	0,96	-
Cavidade N1_0200 (7: 3 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	3	28,57	14,28

<i>Lonchorhina aurita</i>	1	-	14,28
<i>Carollia perspicillata</i>	3	28,57	14,28
Cavidade N1_0208 (2: 1 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	2	100	-
Cavidade N3_0003 (15: 2 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	1	-	6,67
<i>Glossophaga soricina</i>	2	-	13,33
<i>Carollia perspicillata</i>	12	-	80
Cavidade N3_0023 (20: 2 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	18	35	55
<i>Carollia perspicillata</i>	2	5	5
Cavidade N3_0026 (23: 3 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	6	17,39	8,69
<i>Carollia perspicillata</i>	14	56,53	4,35
<i>Furipterus horrens</i>	3	4,35	8,69
Cavidade S11D_0001 (43: 4 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	2	4,65	-
<i>Anoura geoffroyi</i>	23	26,66	24,44
<i>Lonchophyllinae</i> sp.	6	6,66	6,66
<i>Pteronotus rubiginosus</i>	12	2,22	24,44
Cavidade S11D_0010 (12: 3 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	2	-	16,67
<i>Carollia perspicillata</i>	4	33,33	-
<i>Furipterus horrens</i>	6	50	-
Cavidade SB_0049 (66: 3 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Phyllostomus latifolius</i>	1	1,51	-
<i>Carollia perspicillata</i>	60	81,81	9,09
<i>Furipterus horrens</i>	5	7,57	-
Cavidade SB_0051 (1: 1 spp.)			
Espécie	N	Estação chuvosa (%)	Estação seca (%)
<i>Peropteryx kappleri</i>	2	83,33	16,67

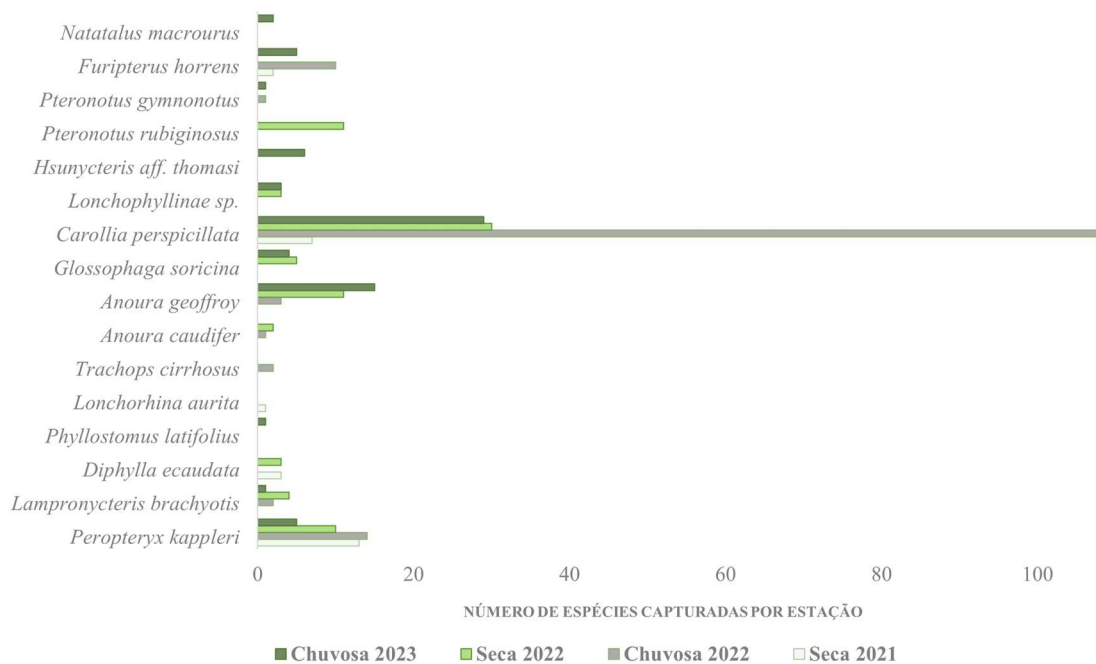


Figura 19. Periodicidade de ocorrência com base na captura das espécies por estação de amostragem.

▪ Localização das colônias

A partir das observações feitas *in situ* nas cavidades estudadas, foi possível notar um padrão quanto a localização dos indivíduos e das colônias, a saber:

- ✚ *Peropteryx kappleri*, localizada sempre na zona de entrada – com indivíduos empoleirados espaçados uns dos outros – de quase todas as cavidades em que foram registradas (Tabela 9), com exceção da N3_0023 (Figura 20) em que se encontravam na zona de penumbra;
- ✚ *Lampronnycteris brachyotis*, localizada sempre na zona de penumbra da N1_0174, com os indivíduos posicionados no centro da colônia de *Carollia perspicillata*;
- ✚ *Diphylla ecaudata*, localizada na zona de penumbra e sempre separada das demais espécies, com indivíduos empoleirados de forma solitária (N1_0200 e N3_0023 [Figura 20]) ou em colônias (N1_0174) com cerca de 20 indivíduos;
- ✚ *Lonchorhina aurita*, localizada na zona de penumbra e empoleirada de forma individual na N1_0200;

- ✚ *Phyllostomus latifolius*, localizada na zona afótica da SB_0049 (Figura 21), se empoleirando em meio à colônia de *C. perspicillata* (em coabitação²), quando *Trachops cirrhosus* não estava presente;
- ✚ *T. cirrhosus*, localizada nas zonas de penumbra (N1_0173, N1_0174 e N1_0200) e afótica (SB_0049 [Figura 21]), empoleirada junto à colônia de outros filostomídeos (em coabitação) na N1_0174 e SB_0049 (na ausência de *P. latifolius*) e de forma individual ou específica (em grupos contendo menos de 20 indivíduos) nas demais cavidades de ocorrência;
- ✚ *Anoura caudifer*, localizada na zona de penumbra da N1_0174, empoleirada em meio à colônia de *C. perspicillata* e a indivíduos de *Glossophaga soricina* (em coabitação);
- ✚ *Anoura geoffroyi*, localizada na zona de penumbra da S11D_0001 (Figura 22) e afótica da N1_0168, formando colônias com centenas de indivíduos empoleirados junto à colônia de *Hsunycteris* aff. *thomasi* (em coabitação) e próximo (mas em microhabitats³ distintos) às de *Natalus stramineus* (N1_0168) e *Pteronotus gymnonotus*, ou em meio aos indivíduos de *Lonchophyllinae* sp. (em coabitação) na S11D_0001;
- ✚ *Glossophaga soricina*, localizada na zona de penumbra da N1_0174 e N3_0003 (Figura 23), sempre se empoleiramento junto às colônias de *C. perspicillata* e a indivíduos de *A. caudifer* (em coabitação);
- ✚ *Hsunycteris* aff. *thomasi*, localizada na zona afótica da N1_0168, formando colônias com centenas de indivíduos, empoleirados em meio às colônias de *A. geoffroyi* (em coabitação) e próximo (mas em microhabitats distintos) à de *Natalus stramineus*;
- ✚ *Lonchophyllinae* sp., localizada na zona de penumbra da S11D_0001 (Figura 22), formando colônias com dezenas indivíduos, empoleirados junto à colônia de *A. geoffroyi* (em coabitação) e próximo (mas em microhabitats distintos) a *Pteronotus gymnonotus*;
- ✚ *Carollia perspicillata*, localizada nas zonas de penumbra ou afótica (quando presente) nas cavidades em que foram registradas (Tabela 8, Figuras 20, 21, 23-25), na maioria das vezes, compartilhado espaço (em coabitação) com outros filostomídeos (*A. caudifer*, *G. soricina*, *P. latifolius* e *T. cirrhosus*) e formando agregações com dezenas a centenas de indivíduos;

² A coabitação ocorre quando espécies distintas ocupam os mesmos microhabitats, dividindo o recurso espaço dentro dos abrigos (Trajano, 1984).

³ Um microhabitat é uma parcela menor do habitat (ou um local) com características físicas e climáticas específicas, que favorecem a ocorrência e permanência de determinadas espécies (Arita, 1996; Ávila-Flores; Medellín, 2004; Barros *et al.*, 2020).

- ✚ *Pteronotus gymnonotus*, localizada na zona de penumbra e empoleirada de forma individual na N1_0174;
- ✚ *Pteronotus rubiginosus*, localizada na zona de penumbra (N1_0174 e S11D_0001 [Figura 22]) e de transição (ZE-ZP – S11D_0001 [Figura 22]), formando colônias com dezenas a centenas indivíduos na S11D_0001, próxima (mas em microhabitats distintos) às colônias de *A. geoffroyi* e *Lonchophyllinae* sp., ou de modo individual na N1_0174;
- ✚ *Furipterus horrens*, localizada nas zonas de penumbra (N1_0168, N1_0174 e SB_0051 [Figura 24]), afótica (SB_0049 [Figura 21]) e de transição (ZP-ZA – N1_0171, N3_0003 [Figura 23], N3_0026 [Figura 25], S11D_0010 e SB_0049), formando grupos com dezenas a centenas de indivíduos, empoleirados de forma específica e reservada em determinados locais (com exceção da SB_0049, em que pousavam próximo, mas em locais distintos, às colônias de filostomídeos);
- ✚ *Natalus macrourus*, localizada na zona afótica da N1_0168, formando colônias com centenas de indivíduos, empoleirados de forma específica e reservada, e próximo (mas em microhabitats distintos) às colônias de *A. geoffroyi* e *H. aff. thomasi*.

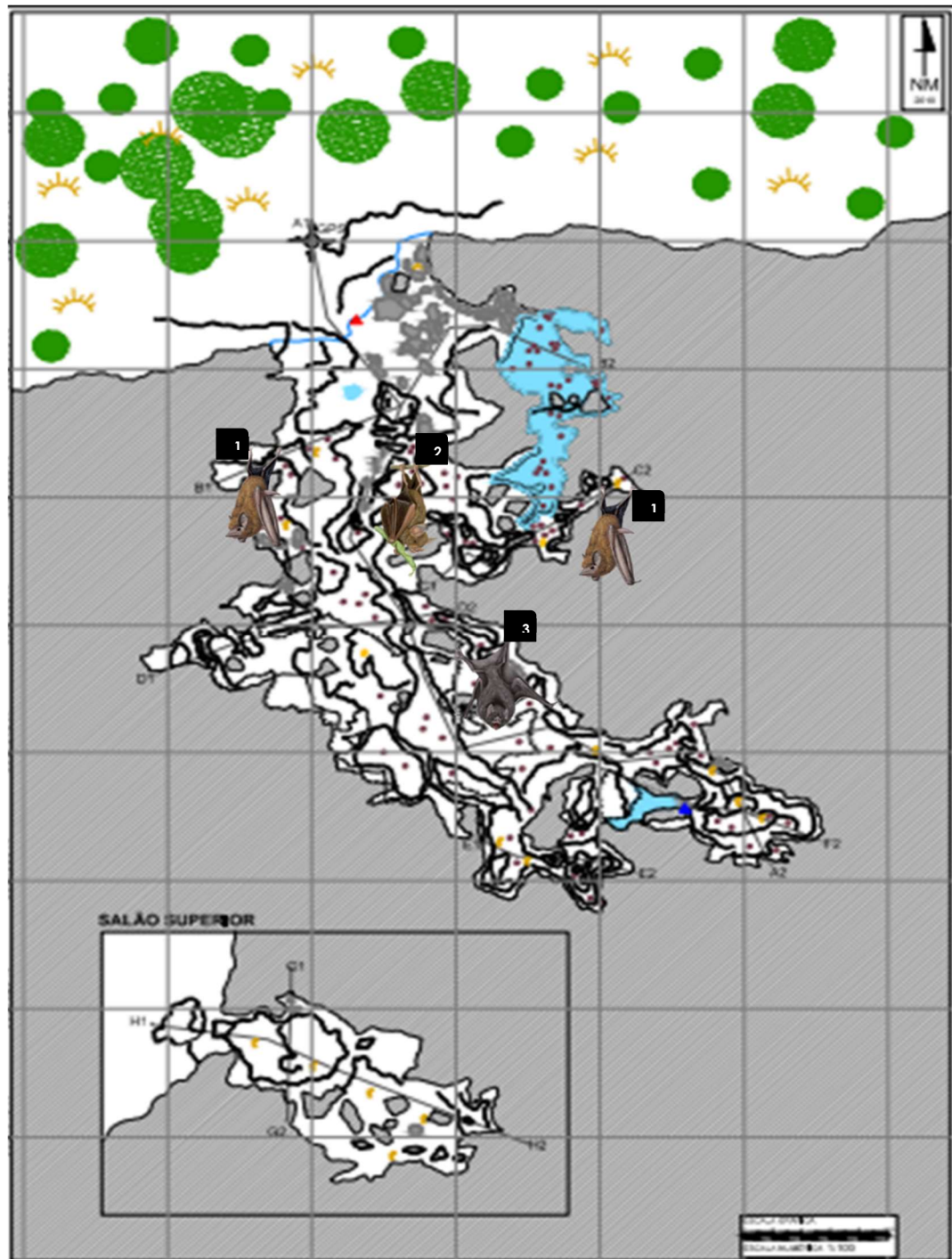


Figura 20. Mapa topográfico da cavidade N3_0023 (adaptado de Claudimar Borges) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: **1.** *Peropteryx kappleri* (ZP), **2.** *Carollia perspicillata* (ZP) e **3.** *Diphylla ecaudata* (ZP).

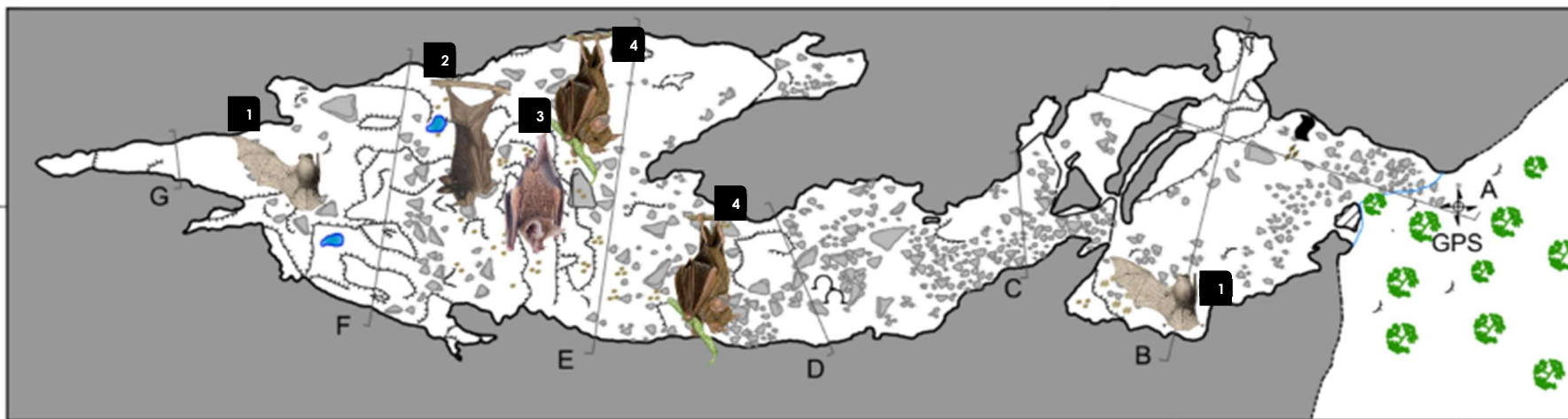


Figura 21. Mapa topográfico da cavidade SB_0049 (adaptado de Carste Consultores Associados) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: **1.** *Furipiterus horrens* (ZA e ZP-ZA), **2.** *Phyllostomus latifolius* (ZA), **3.** *Trachops cirrhosus* (ZA) e **4.** *Carollia perspicillata* (ZA).

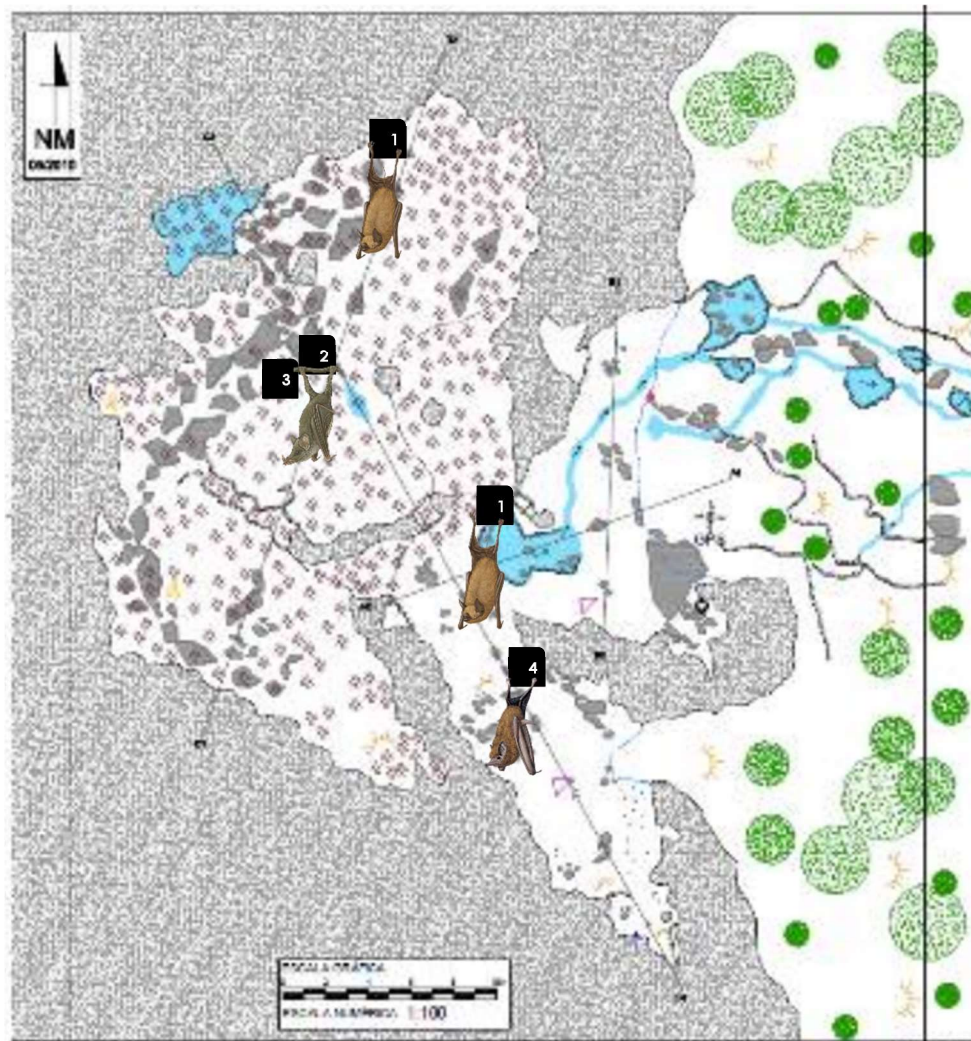


Figura 22. Mapa topográfico da cavidade S11D_0001 (adaptado de MDGEO Hidrologia e Meio Ambiente) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: **1.** *Pteronotus rubiginosus* (ZP e ZE-ZP), **2.** *Anoura geoffroyi* (ZP), **3.** *Lonchophyllinae* sp. (ZP) e **4.** *Peropteryx kappleri* (ZE).

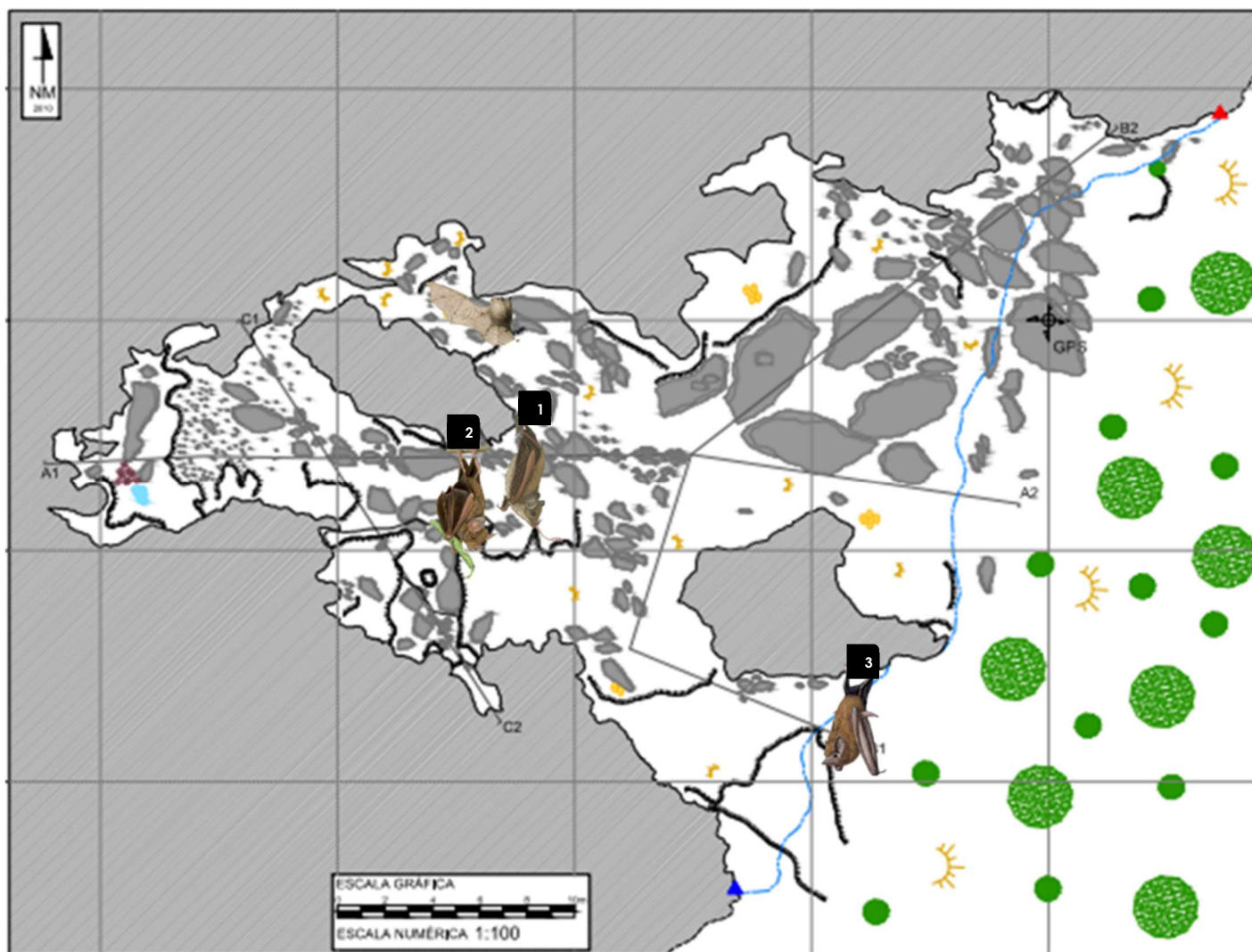


Figura 23. Mapa topográfico da cavidade N3_0003 (adaptado de Claudimar Borges) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: 1. *Glossophaga soricina* (ZP), 2. *Carollia perspicillata* (ZP) e 3. *Peropteryx kappleri* (ZE).



Figura 24. Mapa topográfico da cavidade SB_0051 (adaptado de Carste Consultores Associados) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: **1.** *Furipterus horrens* (ZP), **2.** *Carollia perspicillata* (ZA) e **3.** *Pteropteryx kappleri* (ZE).

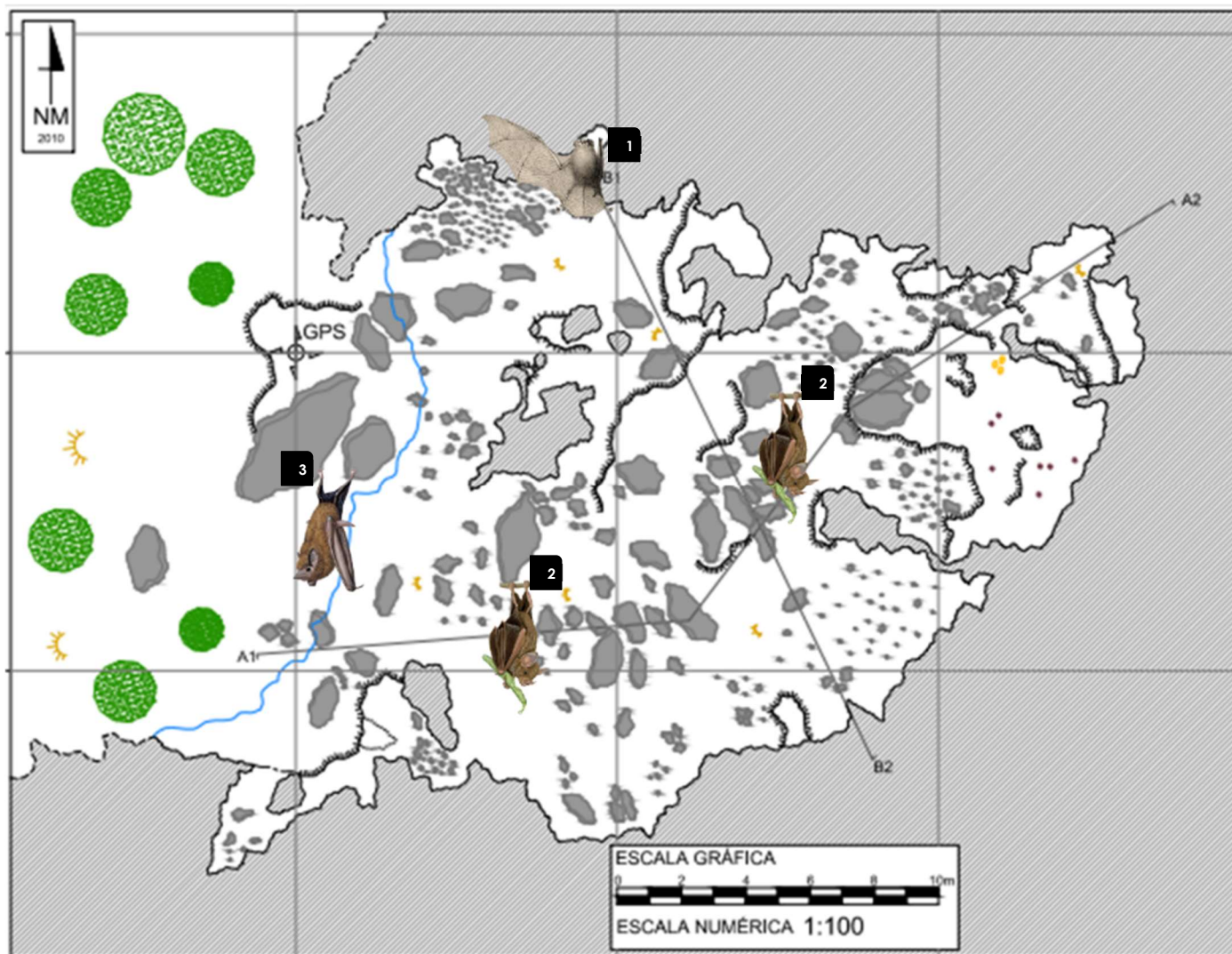


Figura 25. Mapa topográfico da cavidade N3_0026 (adaptado de Claudimar Borges) com destaque para a localização (zonação) das espécies de quirópteros ocorrentes: **1.** *Furipterus horrens* (ZP-ZA), **2.** *Carollia perspicillata* (ZP) e **3.** *Peropteryx kappleri* (ZE).

▪ **Padrão reprodutivo de *Carollia perspicillata***

De modo geral, a amostra dos indivíduos capturados contou com mais machos (n=96) do que fêmeas (n=76) de *Carollia perspicillata*; com variações sazonais na razão sexual por cavidade (Tabela 14, Figura 26). Mais especificamente, nas cavidades N1_0174 e SB_0049, capturas de fêmeas adultas e prenhes foram predominantes na estação seca, machos reprodutivos na chuvosa, jovens e filhotes em ambas as estações (Figuras 26 e 27).

Ainda, um nascimento foi acompanhado na N1_0174, em agosto de 2022 – correspondente a estação seca [02]): uma fêmea prenhe foi capturada na rede de neblina e deu à luz ao seu filhote, que permaneceu pendurado em seu corpo após o nascimento, juntamente com a placenta (Figura 27E-F).

Tabela 14. Estádios reprodutivos (em números absolutos) dos espécimes de *Carollia perspicillata* registrados nas cavidades do estudo, onde: ad. = adulto, pre. = prenhe., rep. = reprodutivo, filh. = filhote, lac. = lactante, jov. = jovem.

	N1_0174	N1_0200	N3_0003	N3_0023	N3_0026	S11D_0010	SB_0049
Estação seca de 2021							
♀ ad.	3						
♀ pre.	1						
♂ rep.	1	1			1		
Filh.	1						
Estação chuvosa de 2022							
♀ ad.	16	2			8	5	13
♂ ad.	7				2		13
♀ lac.	3						
♂ rep.	15			1		1	21
♀ jov.	2						
♂ jov.	1						
Filh.	2						1
Estação seca de 2022							
♀ ad.	4		2				1
♂ ad.	3		2				1
♀ pre.	2		2				2
♀ lac.							1
♂ rep.	1		5	1			1
♂ jov.	1		1				
Filh.	2						
Estação chuvosa de 2023							
♀ ad.	6				1		3
♂ ad.	9				1		4
♂ rep.					2		

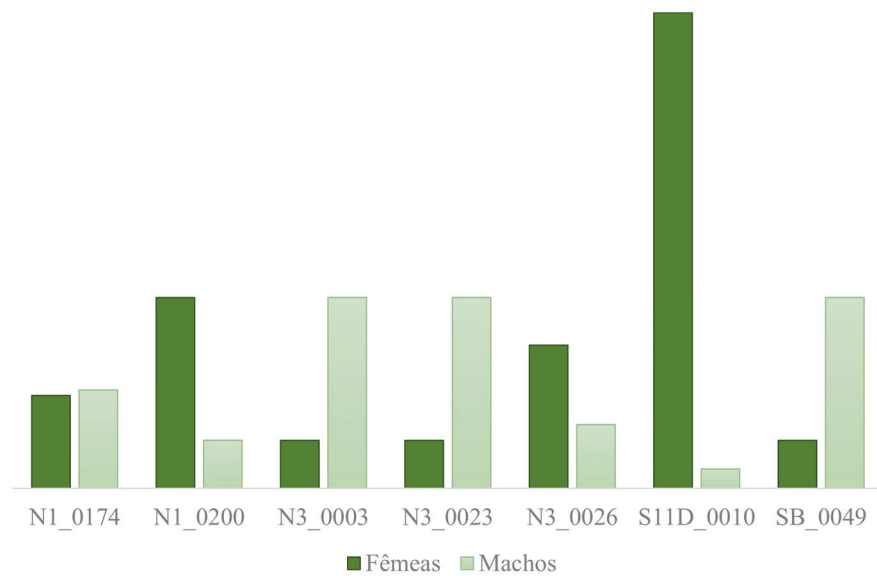


Figura 26. Razão sexual de *Carollia perspicillata* nas cavidades do estudo.



Figura 27. Registros reprodutivos de *Carollia perspicillata*: fêmea prenhe em agosto de 2021 na N1_0174 (A); macho escrotado em fevereiro de 2022 na N3_0023 (B); fêmea com filhote acoplado ao corpo em agosto de 2022 na N1_0174 (C); macho jovem em fevereiro de 2022 na N1_0174 (D); fêmea com seu filhote após nascimento em agosto de 2022 na N1_0174 (E e F). Fonte: Instituto Brasileiro de Estudos Subterrâneos.

▪ Rarefação

A partir dos métodos utilizados, notou-se que a suficiência amostral não foi atingida – vê-se curvas de rarefação assíntota não estabilizadas, que indicam que se aumentássemos o esforço de coleta, mais indivíduos (Figura 28) e mais cavidades (Figura 29) seriam incorporados na amostra total, o que aumentaria a riqueza de espécies de morcegos. A interpretação dos gráficos foi feita com base no intervalo de confiança de 95%.

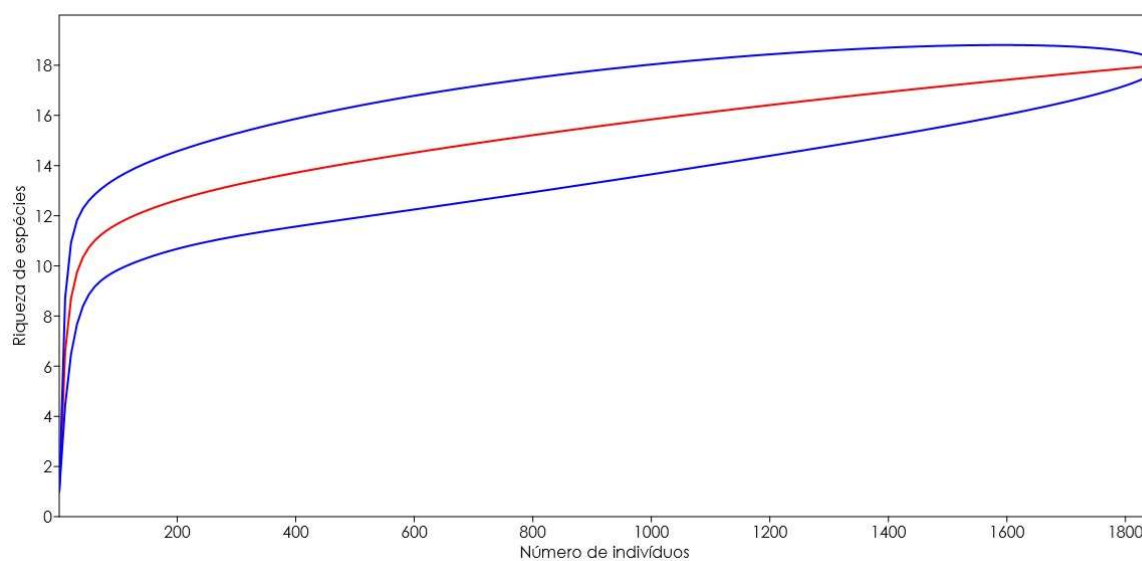


Figura 28. Curva de rarefação baseada nos indivíduos de morcegos (método *individual-based*)..

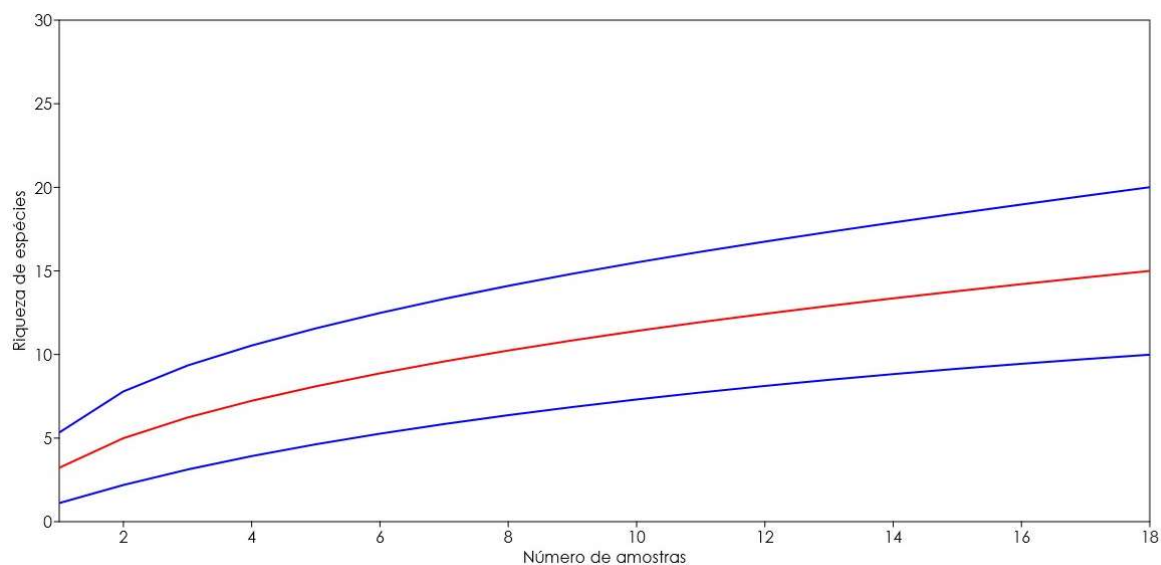


Figura 29. Curva de rarefação baseada em amostras de morcegos (método *sampled-based*).

▪ Análise de Correspondência Canônica

O diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Canônica mostrou que a variação na composição de espécies nas cavidades estudadas pode ser explicada, majoritariamente, pela temperatura – representada pelo eixo 1 (autovalor = 0,74164), e pela umidade relativa do ar – eixo 2 (autovalor = 0,0001496); sendo a temperatura responsável por quase 100% variação total (Figura 30).

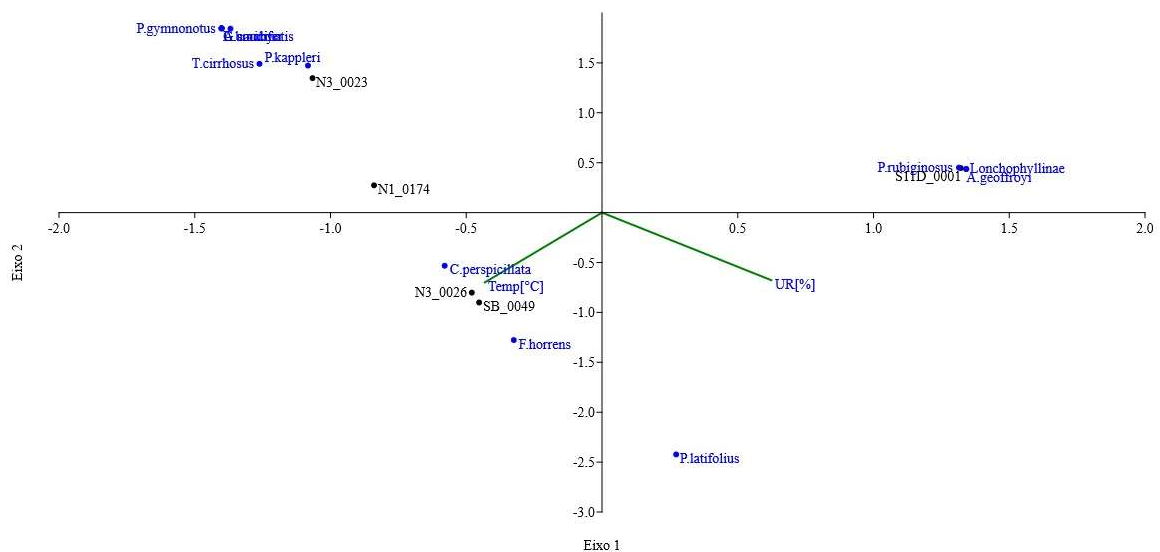


Figura 30. Triplot de ordenação CCA: correlação entre as variáveis ambientais – temperatura e umidade relativa do ar – e a presença de espécies nas cavidades do estudo.

A temperatura foi mais atuante nas cavidades N3_0026 e SB_0049, influenciando negativamente as espécies *Carollia perspicillata* e *Furipterus horrens*; ao passo que na N1_0174 (com *Lamproncyteris brachyotis*, *Diphylla ecaudata*, *Trachops cirrhosus*, *Glossophaga soricina* e *P. gymnonotus*) e na N3_0023 (com *Pteropteryx kappleri*), foi mais sutil e influenciou positivamente essas espécies. Já a umidade relativa do ar, foi determinante na cavidade S11D_0001, influenciando positivamente a ocorrência de *Anoura geoffroyi*, *Lonchophyllinae* e *Pteronotus rubiginosus*; enquanto *Phyllostomus latifolius* teve sua ocorrência associada negativamente a umidade relativa do ar na SB_0049.

O teste de *Kruskall-Wallis* concluiu que a composição taxonômica das cavidades está correlacionada com as variáveis ambientais avaliadas em um nível de significância de 0,004% ($p = 0,004934$), havendo uma diferença significativa entre as medianas das amostras.

6.2.2 Invertebrados

O *boxplot* mostra a distribuição da riqueza de invertebrados encontrada nos diferentes tipos de guano de morcegos, com pouca variação entre eles e pesos medianos semelhantes; intervalos interquartis e decil superior com distribuição assimétrica positiva, com maior dispersão no guano de morcego frugívoro (variação na riqueza de 7 a 17) e menor no guano de carnívoro (riqueza variando de 1 a 2) (Figura 31).

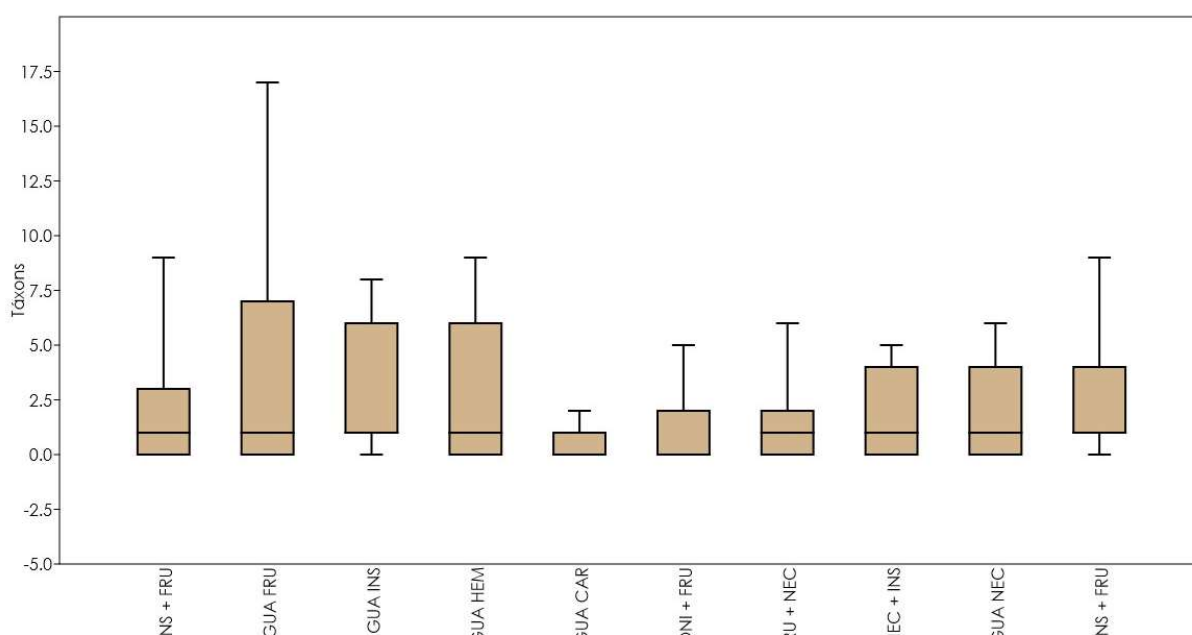


Figura 31. *Boxplot* com a distribuição da riqueza de invertebrados nos diferentes tipos de guano de morcegos.

Como parte da análise descritiva da riqueza de invertebrados presente no guano de morcegos: os variados táxons identificados (Tabela 10) foram influenciados pela presença de morcegos nas cavidades (diretamente relacionada a disponibilidade do recurso guano), qualidade do guano (relativo ao tempo de depósito, onde aqueles mais antigos raramente dispunham de fauna associada) e tipo do guano (ligado ao valor nutricional – guano de morcego frugívoro deteve a maior riqueza [n=27], enquanto o de carnívoro a menor [n=4]). Ainda, notou-se uma diminuição significativa na riqueza de invertebrados em cavidades que tiveram flutuações expressivas no tamanho das populações de morcegos. Por exemplo, na S11D_0010 uma população de *Carollia perspicillata*, inicialmente com cerca de 15 indivíduos – observados na primeira e na segunda campanha, sofreu uma redução, atingindo um indivíduo em março de

2023 (última campanha). Como consequência os depósitos de guano estavam antigos (secos e com fungos) e com pouca ou nenhuma fauna de invertebrados associada.

De modo geral, as amostras de todos os tipos de guano de morcego foram dominadas pela classe Insecta, seguida por Arachnida. Os insetos e os aracnídeos mais representativos foram os das ordens Hymenoptera, Hemiptera, Orthoptera, Coleoptera, Diptera, Blattaria, Lepidoptera, Isoptera, Zygentoma, Plecoptera, Psocoptera e Trichoptera, e Araneae, Pseudoscorpiones, Acari e Opiliones, respectivamente. Por outro lado, apesar de menos representativos, táxons como Diplopoda e Diplura, também foram encontrados em uma variedade de guano misto de morcegos, incluindo frugívoro, carnívoro, nectarívoro e insetívoro. Por fim, táxons menos comuns, como Chilopoda e Collembola, estiveram restritos a guanos mistos de nectarívoro-insetívoro-frugívoro.

7 DISCUSSÃO

7.1 Estrutura das comunidades de morcegos

A composição das comunidades de quirópteros é determinada pela distribuição das espécies e sua abundância relativa, que podem ser influenciadas, essencialmente, pela disponibilidade de alimento e de abrigos (Trajano, 1984). Estes dois recursos relacionam-se entre si, visto que a distância percorrida pelos morcegos, do abrigo até a área de forrageamento, pode ser considerada um fator limitante em alguns casos (Struebig *et al.*, 2009). De fato, a heterogeneidade ambiental, disposta em gradientes florestais e presença de cavernas, tem sido relacionada à alta riqueza de espécies e a composição variada das comunidades quirópteros, principalmente na região amazônica (Tavares *et al.*, 2012).

A Amazônia brasileira detém 80% (146 spp.) dos morcegos registrados no Brasil (Tavares *et al.*, 2012; Oliveira, 2020). Especialmente no estado do Pará, parte da Amazônia Oriental, é encontrada a maior diversidade de quirópteros: são 120 espécies, sendo 76 catalogadas para a Floresta Nacional de Carajás – destas espécies, 46 são endêmicas do bioma amazônico (Bernard *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2012; Luz; Ferraz, 2018; Oliveira, 2020). Entretanto, apesar da Amazônia contribuir com a maior diversidade de espécies morcegos do país, o bioma ainda possui lacunas do conhecimento, contando somente 24% dos registros formais de ocorrência de morcegos – concentrado em áreas de acesso rápido e fácil logística (Bernard *et al.*, 2011) ou em áreas mineráveis, como é o caso da região de Carajás.

De modo geral, uma maior diversidade de espécies, está diretamente relacionada a produções mais elevadas de biomassa, captura de recursos mais variados e a uma maior estabilidade das propriedades dos ecossistemas (Tilman *et al.*, 1997; Holmes, 2012). Logo, cavidades mais diversas e com colônias de morcegos numerosas e permanentes são essenciais ao *input* de nutrientes variados que atendem a uma gama maior de organismos, incluindo invertebrados.

Nesse sentido, considerando a diversidade de espécies em nível regional, temos que a dissimilaridade atribuída à troca de espécies (ou *turnover*) entre as cavidades, evidencia o papel central do microclima – sobretudo na N1_0168, N1_0174, S11D_0001 e SB_0049 – na determinação de conjuntos taxonômicos particulares, que apresentam demandas fisiológicas (como temperatura e umidade relativa do ar) e ecológicas (como espaço disponível, microhabitats com características particulares e presença de determinadas espécies) específicas. Por exemplo, *Natalus macrourus*, que necessita de condições de temperatura e umidade relativa do ar singulares (Bredt *et al.*, 2018) para ocupação e permanência nos abrigos; ou *Diphylla ecaudata* que seleciona os dormitórios com base na temperatura, umidade relativa do ar e disponibilidade de fendas (Greenhall *et al.*, 1984; Rocha *et al.*, 2014).

Por outro lado, apesar de compor uma parte pequena da variação das comunidades, o aninhamento evidenciou a existência de subpopulações menores que usam certas cavidades somente como um local de passagem – por exemplo, na S11D_0007, ocupada por *Carollia perspicillata*, espécie envolvida em processos de dispersão pelo movimento ativo de fêmeas entre cavernas (Fleming, 1988). Além disso, chamou a atenção para a perda de espécies (observada entre a N1_0174 e SB_0049), em função das modificações ou perdas dos habitats e da presença de impactos antrópicos acentuados e cada vez mais frequentes, que reduzem funcional e estruturalmente a qualidade ambiental, tornando algumas espécies incapazes de persistir e diminuindo drasticamente a capacidade dos ecossistemas fornecerem serviços de qualidade, com eficiência e na quantidade adequada (Hanski, 1999; Rolston, 2012).

De fato, em áreas mineráveis, as mudanças constantes das paisagens e a alteração da qualidade dos habitats, influenciam diretamente a composição das comunidades e o padrão de distribuição relativa das espécies, de modo que a dominância de algumas (como *Peropteryx kappleri*, *Carollia perspicillata* e *Furipterus horrens*) pode indicar desequilíbrio ambiental ligado a degradação dos habitats ou que as cavidades da região de Carajás possuem condições geomorfológicas e microclimáticas favoráveis para o estabelecimento de suas colônias. Desse modo, compreender a ocorrência e distribuição das espécies se torna fundamental para a

identificação de espécies sensíveis e dependentes de ambientes íntegros, raras e endêmicas, ambas suscetíveis a maior risco de extinção (Barros; Bernard, 2023)

As comunidades de quirópteros das cavernas de Carajás são compostas por morcegos da família Phyllostomidae, uma das mais diversas morfológica e ecologicamente, cobrindo toda a diversidade de nichos e guildas alimentares (Giral *et al.*, 1991). Além dos filostomídeos, insetívoros das famílias Emballonuridae, Mormoopidae, Furipteridae e Natalidae também fizeram parte das comunidades. Conhecer essas subdivisões são essenciais para identificar as relações funcionais dentro das comunidades, bem como os quirópteros se organizam socialmente e respondem às mudanças ambientais (Bradbury, 1977; McWilliam, 1987; Giral *et al.*, 1991).

FAMÍLIA EMBALLONURIDAE

Subfamília Emballonurinae

***Peropteryx kappleri* Peters, 1867**

A vida em colônia favoreceu o desenvolvimento de sistemas sociais complexos (como hárens mantidos por machos territoriais) entre os emballonurídeos neotropicais (Bradbury; Emmons, 1974; Giral *et al.*, 1991), e as características ambientais, como disponibilidades de abrigos adequados e recursos alimentares, foram essenciais a evolução de comportamentos sociais variados entre espécies do mesmo gênero (Bradbury, 1977; Giral *et al.*, 1991). Parte de um grupo essencialmente tropical, a diversidade de emballonurídeos tende a ser maior em latitudes menores (Reis *et al.*, 2007), por exemplo, na região amazônica.

De modo geral, emballonurídeos são morcegos ágeis e se empoleiram em grupos de indivíduos que mantêm uma distância individual mínima nas paredes ou, preferencialmente, em cúpulas no teto, de modo que o tamanho de seus grupos sociais é limitado pela abundância de microhabitats (Hill; Smith, 1984; Giral *et al.*, 1991). Mais especificamente, *Peropteryx kappleri* requer abrigos mais protegidos do que aqueles usados por outros emballonurídeos e, em condições naturais, usa, preferencialmente, cavernas úmidas e fissuras em rochas como abrigos (Sanborn, 1937; Giral *et al.*, 1991). Esses locais são selecionados a partir de condições microclimáticas que favorecem a gestação, amamentação, desenvolvimento de filhotes e proteção contra predadores (Humphrey, 1975; Giral *et al.*, 1991).

Peropteryx kappleri foi registrado empoleirado sempre na zona de entrada das cavidades (em temperatura e umidade relativa do ar médias de 27,5 e 76,2%, respectivamente), em grupos

pequenos (que não ultrapassavam 50 indivíduos) e espaçados entre si ou indivíduos solitários, todos em posições de repouso – deitados sobre o metacarpo. Quando perturbados, os indivíduos se moviam para outro local, mas retornavam ao seu microhabitat de repouso inicial. Similarmente, fêmeas adultas se movem frequentemente entre os abrigos à procura de outros machos, mas sempre retornam ao local de origem – o que demonstra alta fidelidade aos abrigos para dormitórios diurnos e para dormitórios reprodutivos individuais (Giral *et al.*, 1991). Nesse cenário, grupos presentes em todas as ocasiões de amostragem (como os observados nas cavidades N1_0174, N1_0200, N3_0023 e N3_0026) foram considerados permanentes ou residentes estáveis.

Comumente, fêmeas adultas são mais abundantes do que os machos, sugerindo a formação de harém: as fêmeas são as dominantes e escolhem os dormitórios para reprodução, enquanto os machos controlam o tamanho e a estabilidade do grupo, promovendo a dispersão dos jovens (que não retornam para a cavidade de origem após a “expulsão”) (Giral *et al.*, 1991). Entretanto, as capturas realizadas nas cavidades de Carajás indicaram uma proporção de 1:1, ou seja, um macho para cada fêmea capturada.

No geral, quando capturados ou manipulados (para extração da armadilha) na cavidade N3_0023, indivíduos de *Peropteryx kappleri* vocalizavam e os demais membros da colônia se mobilizaram, voando ao redor do capturado e do coletor. Relatos de comportamentos semelhantes foram registrados por Giral e colaboradores (1991) em cavernas na Colômbia, onde fêmeas fugiam das armadilhas e dos coletores acompanhadas de vocalizações. Para *P. kappleri*, vocalizações audíveis são fundamentais para a comunicação entre os integrantes das colônias, principalmente mãe e filhotes (Giral *et al.*, 1991).

Ademais, nascimentos de *Peropteryx kappleri* tendem a ocorrer de janeiro a maio (pico elevado em abril) e nos meses de outubro e novembro (em menor escala), sempre sincronizado com picos de precipitação, o que demonstra um comportamento de cópula altamente síncrono e indica que os morcegos neotropicais que são restringidos pela disponibilidade de alimento ou clima tendem a exibir ciclos reprodutivos poliétricos⁴ (Giral *et al.*, 1991). Apesar de filhotes, jovens e/ou fêmeas prenhes não terem sido registrados neste estudo, uma fêmea lactante (capturada com a mama dilatada e livre de pelos) foi anotada em fevereiro de 2022 –

⁴ As fêmeas apresentam vários ciclos estrais durante a estação reprodutiva, isto é, elas podem entrar no cio e se reproduzir várias vezes durante o ano (CDM, 2023).

correspondente a estação chuvosa da região de Carajás – acordando com a literatura e corroborando a sincronia entre nascimentos e precipitação.

Peropteryx kappleri é classificada globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

FAMÍLIA PHYLLOSTOMIDAE

Subfamília Micronycterinae

Lampronnycteris brachyotis (Dobson, 1879)

Lampronnycteris brachyotis foi registrada nos estados do Amazonas, Pará, Piauí, Tocantins, Bahia, Espírito Santo e São Paulo (Reis *et al.*, 2007; Marciente; Calouro, 2009), ocupando áreas com cobertura florestal bem preservada (o que demonstra sensibilidade as alterações dos habitats) e se abrigando em ocos de árvores, cavernas e minas em ruínas (Medellín *et al.*, 1985; Reis *et al.*, 2007).

Encontrada somente na cavidade N1_0174 se empoleirando sempre no centro da colônia de *Carollia perspicillata*, *Lampronnycteris brachyotis* parece demandar condições térmicas ligadas a requisitos fisiológicos (como digestão, acasalamento e lactação, que requerem temperaturas ambiente em torno dos 30 °C [Menaker, 1962; Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019]) ainda não reportados na literatura para a espécie. De qualquer forma, *Carollia perspicillata* é um termorregulador eficiente (na faixa de -2 a 30 °C) (Cloutier; Thomas, 1992), que responde a diminuição da temperatura ambiente, duplicando sua taxa metabólica e mantendo sua temperatura corporal próximo dos 21,8 °C (Thies *et al.*, 2006). Logo, essa associação carece ser investigada para que dados básicos sejam obtidos e que dúvidas sobre a biologia e ecologia de *L. brachyotis* sejam sanadas.

Embora grupos pequenos (de até 10 indivíduos [Goodwin; Greenhall, 1961]) sejam mais comuns, nessa cavidade há uma colônia permanente (avistado em todas as ocasiões de visita) e estável (pouca variação do tamanho populacional, presença de filhotes e reprodutivamente ativa) composta por, aproximadamente, 50 morcegos. Agregações maiores, com mais de 300 indivíduos, foram registrados em uma caverna no México (Medellín *et al.*, 1985).

Em termos de reprodução, estudos anteriores indicaram um padrão reprodutivo poliétrico bimodal⁵, com possível formação de hárens (Bonaccorso, 1979; Medellín *et al.*, 1985; Reis *et al.*, 2007; Marciente; Calouro, 2009). Apesar de filhotes, jovens e/ou fêmeas prenhes não terem sido registrados neste estudo, uma fêmea lactante (capturada com a mama dilatada e livre de pelos) foi anotada em fevereiro de 2022, sugerindo que, em Carajás, nascimentos ocorram na estação chuvosa. Conformemente, Wilson (1979) relatou que o primeiro pulso do parto coincide com o início da estação chuvosa.

Lampronycteris brachyotis é classificada globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2018 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

Subfamília Desmodontinae

***Diphylla ecaudata* Spix, 1823**

Morcegos hematófagos possuem uma estrutura social complexa relacionada com a sanguivoria: devem se alimentar com frequência (Davis *et al.*, 2010; Scheffer *et al.*, 2015) e consumir quantidades relativamente grandes de sangue a cada alimentação (Wilkinson, 1984; Davis *et al.*, 2010). Em situações em que a refeição não é obtida com sucesso, eles ficam dependentes do compartilhamento recíproco de sangue regurgitado por aparentados ou companheiros de abrigo – sistema altruísta dependente da reciprocidade, onde morcegos identificam e recusam ajuda a indivíduos não recíprocos (Wilkinson, 1984; Davis *et al.*, 2010).

Para *Diphylla ecaudata*, tais comportamentos cooperativos são mediados por chamados sociais ou de isolamento, produzidos quando os indivíduos estão fisicamente isolados (Carter *et al.*, 2012). Esses chamados foram observados na cavidade N1_0174 quando indivíduos de *D. ecaudata* eram capturados na rede de neblina ou manipulados para remoção da armadilha: vocalizavam alto e os demais membros da colônia se mobilizaram, voando ao redor do capturado e do coletor. Nesse caso, para além dos comportamentos cooperativos, os chamados sociais também mediam o cuidado parental, o empoleiramento colonial, o forrageamento em grupo e a prevenção de conflitos na colônia (Carter *et al.*, 2012).

Restrito às regiões tropicais e subtropicais, *Diphylla ecaudata* se alimenta, preferencialmente, do sangue de aves silvestres (Greenhall *et al.*, 1984; Scheffer *et al.*, 2015).

⁵ Na poliestria bimodal (ou sazonal) há dois picos reprodutivos no ano, com as fêmeas apresentando o estro (ou cio) após o primeiro parto, e a segunda gravidez ocorrendo junto com a lactação do primeiro filhote (CDM, 2023).

É considerada a segunda espécie de morcego hematófago mais importante, tanto em abundância quanto em distribuição, sendo registrada em 20 estados brasileiros e no Distrito Federal (Santos *et al.*, 2015). Contudo, o conhecimento sobre a distribuição de *D. ecaudata* para a bacia amazônica central ainda é pobre e possui *gaps* significativos de amostragem, com pesquisas intensas restritas a alguns locais e muitas áreas sem qualquer estudo básico de inventário faunístico (Bernard *et al.*, 2011; Rocha *et al.*, 2014; Santos; Lopes, 2015).

Não só, intolerante à climas frios, *Diphylla ecaudata* depende de abrigos diurnos com condições ambientais adequadas de temperatura (cerca de 20 °C), umidade relativa do ar (70 a 80%) e luminosidade (ausência total e pouca ou nenhuma perturbação), quesitos essenciais à sobrevivência de suas colônias (Scheffer *et al.*, 2015). Devido à essas necessidades, *D. ecaudata* demonstra forte seleção de dormitórios, sendo as cavernas seus principais abrigos (Greenhall *et al.*, 1984; Santos *et al.*, 2015; Scheffer *et al.*, 2015). Nesses locais, formam pequenas colônias, de 3 a 12 indivíduos, ainda que grupos de 50 a 70 morcegos tenham sido catalogados (Greenhall *et al.*, 1984; Scheffer *et al.*, 2015).

Foi registrada uma colônia de *Diphylla ecaudata* composta por mais de 20 indivíduos, empoleirados sempre no mesmo local na zona de penumbra da N1_0174 – um microhabitat específico em que as condições de temperatura e umidade relativa do ar se mantinham na média de 28,1 °C e 67,7% na estação seca, e 24,8 °C e 86,1% na estação chuvosa. Essa colônia foi considerada permanente (avistada em todas as ocasiões de visita) e estável (pouca variação do tamanho populacional, presença de filhotes e reprodutivamente ativa). Filhotes foram registrados nas estações seca (agosto de 2021 e 2022) e chuvosa (fevereiro de 2022), e um macho reprodutivo (com escroto túrgido) na estação seca de 2021 – acordando com a literatura, que indica um padrão reprodutivo poliétrico anual não sazonal, com um filhote por parto (totalizando dois filhotes por ano) (Greenhall *et al.*, 1984; Scheffer *et al.*, 2015).

Diphylla ecaudata é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra na lista de espécie ameaçada para o território nacional; porém, é considerada ameaçada no estado do Paraná devido ao turismo frequente em cavernas, desequilíbrio ecológico e perda de habitats (Margarido; Braga, 2004; Reis *et al.*, 2007).

Subfamília Phyllostominae

***Phyllostomus latifolius* (Thomas, 1901)**

Endêmico da região amazônica, *Phyllostomus latifolius* é encontrada no norte e centro-oeste do Brasil, estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso (Souza *et al.*, 2022), ocorrendo em áreas de floresta primária e se abrigando, principalmente, em cavernas (Sampaio *et al.*, 2003; Reis *et al.*, 2007). Sua associação com ambientes subterrâneos é mais forte do que para as outras espécies do gênero (Reis *et al.*, 2007). *P. latifolius* tem sido encontrada nas cavidades da Floresta Nacional de Carajás (Serra Sul e Serra Norte) e no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (Serra da Bocaina e Serra do Tarzan), em períodos de seca e chuva, formando grupos que não ultrapassam 10 indivíduos (dados de monitoramento Vale S.A.).

De modo geral, não há na literatura registros disponíveis sobre sua dieta, somente inferências do consumo de insetos, frutas, néctar e pequenos vertebrados, similar as demais espécies do gênero (Reis *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2022). Como o registro aqui elencado corresponde a somente uma fêmea capturada em março 2023 (correspondente a estação chuvosa), outros dados sobre a biologia da espécie não foram obtidos. Contudo, sua ocorrência na ausência de *Trachops cirrhosus* na cavidade SB_0049, sugere que o espaço de empoleiramento possa ser um fator limitante que regula a troca dessas espécies nas comunidades e a ocupação das cavidades.

Apesar de fundamentais, majoritariamente, os registros de ocorrência elencados para *Phyllostomus latifolius* na região de Carajás são oriundos de estudos de licenciamento ambiental e não se encontram disponíveis para a sociedade. Além disso, correspondem a dados pontuais de inventários faunísticos e não agregam informações sobre a biologia e ecologia da espécie, que ainda é bastante escassa e incipiente. Nesse contexto, por se tratar de uma espécie endêmica e com registros de ocorrência restritos a algumas localidades da Amazônia, tais lacunas do conhecimento podem ter implicações diretas para conservação de *P. latifolius*, principalmente, considerando a necessidade de filostomíneos por ambientes íntegros e de qualidades (Reis *et al.*, 2007).

Phyllostomus latifolius é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2015 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

***Trachops cirrhosus* (Spix, 1823)**

Trachops cirrhosus é um onívoro oportunista, que consome insetos, vertebrados, frutas e sementes (Fleming *et al.*, 1972; Cramer *et al.*, 2001). Membro comum da maioria das comunidades de morcegos Neotropicais (Arita, 1993; Cramer *et al.*, 2001), *T. cirrhosus* foi

registrado em 16 estados brasileiros e no Distrito Federal (Reis *et al.*, 2007). Encontrado em altitudes mais baixas (500 m), ocorre em florestas tropicais secas e úmidas, próximo a lagoas ou riachos e em áreas com afloramentos rochosos e montanhas graníticas (Fleming *et al.*, 1972; Handley, 1976; Willig, 1985; Cramer *et al.*, 2001).

Apesar de se empoleirar principalmente em árvores e troncos ocos (Hall; Dalquest, 1963), *Trachops cirrhosus* também usa cavernas como abrigo (Jones, 1966; Handley, 1976; Kunz, 1982; Cramer *et al.*, 2001) e pode compartilhar seus dormitórios com outras espécies de morcegos (incluindo Emballonuridae, Phyllostomidae e Vespertilionidae) (Cramer *et al.*, 2001). Neste estudo, todos os registros atribuídos a *T. cirrhosus* incluem compartilhamento de abrigo com *Diphylla ecaudata*, *Glossophaga soricina* e *Carollia perspicillata*; o que, apesar de comum, é curioso, quando se considera que *T. cirrhosus* também pode se alimentar de pequenos morcegos.

Os grupos de *Trachops cirrhosus* não ultrapassavam 30 indivíduos e na N1_0174 sua colônia foi considerada permanente (avistada em todas as ocasiões de visita) e estável (pouca variação do tamanho populacional e presença de filhotes). Nessa cavidade, a temperatura parece atuar sutilmente na escolha dos microhabitats ocupados pela espécie, com indivíduos se posicionando sempre em locais cuja temperatura variava entre 26,7-27,0 °C ao longo das estações do ano. Em contrapartida, tendo em vista que outros onívoros coletores de tamanho semelhante e simpátricos com *T. cirrhosus* são seus concorrentes potenciais (Cramer *et al.*, 2021), na SB_0049, fatores relacionados a presença dessas espécies parecem ser mais determinantes.

Nos trópicos, *Trachops cirrhosus* se reproduz durante a estação seca (janeiro-junho), com fêmeas prenhes capturadas no Brasil em janeiro e fevereiro, e lactantes em março, abril e maio (Willig, 1985; Cramer *et al.*, 2001) – sugerindo um padrão reprodutivo de poliestria bimodal (Sanchez-Hernandez; Romero-Almaraz, 1995; Cramer *et al.*, 2001), com nascimento de um filhote por vez (Jones, 1966; Fleming *et al.*, 1972; Cramer *et al.*, 2001). Como os registros aqui elencados configuram-se, em sua maioria, em observações *in situ* – com somente duas capturas de fêmeas na estação chuvosa (fevereiro de 2022), dados comparativos e adicionais sobre a biologia da espécie não foram obtidos.

Trachops cirrhosus é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

Subfamília Glossophaginae

Anoura caudifer (É. Geoffroy, 1810)

Com registro em 15 estados brasileiros e no Distrito Federal, *Anoura caudifer* é considerada uma espécie habitat-generalista, que ocorre em florestas primárias, secundárias e levemente perturbadas, desde o nível do mar até 1.500 m de altitude (Reis; Peracchi, 1987). Contudo, *A. caudifer* tem sido associada a elevações mais altas, o que tem resultado em uma menor distribuição e em populações geograficamente isoladas, com fluxo gênico reduzido e unidades populacionais contíguas (Oprea *et al.*, 2009).

Anoura caudifer abriga-se em buracos de árvores, estruturas feitas pelo homem, fendas em rochas e cavernas, em colônias de 5 a 15 indivíduos (Reis; Peracchi, 1987; Trajano, 1984; Oprea *et al.*, 2009). Em cavernas, vivem em associação com *A. geoffroyi*, *A. cultrata*, *Pteronotus rubiginosus*; e colônias maternidade e haréns, compostas por até 100 indivíduos, foram registrados na Guiana Francesa (Oprea *et al.*, 2009). Em Carajás, *Anoura caudifer*, foi encontrada somente na cavidade N1_0174, em associação com *Carollia perspicillata* e *Glossophaga soricina*, formando um grupo pequenos e permanente (avistado em todas as ocasiões de visita) que não ultrapassavam 20 indivíduos.

Embora seu período reprodutivo difira ao longo de sua distribuição, fêmeas prenhes de *Anoura caudifer* prenhes foram registradas no Cerrado na estação chuvosa, uma fêmea em lactação em outubro e uma em pós-lactação no final de maio, além de fêmeas e machos reprodutivos no final da estação seca – sugerindo poliestria sazonal, com mais de um pico anual de nascimentos (Trajano, 1984; Zórtea, 2003; Oprea *et al.*, 2009). Na cavidade N1_0174, o único registro reprodutivo de *A. caudifer* corresponde ao encontro de um macho reprodutivo (escrotado) em agosto de 2022 (estação seca da região), se enquadrando no padrão reprodutivo indicado na literatura.

Apesar do hábito generalista, que engloba uma dieta variada, incluindo néctar de uma grande variedade de plantas, além de pólen, frutas e insetos (Zórtea, 2003; Oprea *et al.*, 2009), e ampla distribuição geográfica, *A. caudifer* é vulnerável à destruição dos habitats e a perturbação de seus abrigos (Oprea *et al.*, 2009). Não só, embora frequentemente capturado, dados sobre os tamanhos de suas populações são insuficientes e permanecem deficientes para a maior parte da sua distribuição (Oprea *et al.*, 2009). Assim, a carência dessas informações impossibilita a inferência dos impactos das perdas e alterações dos habitats sobre esse morcego,

principalmente em áreas mineráveis, e reflete negativamente nas ações de conservação, que se tornam ineficazes e pouco aplicáveis diante da ausência de dados primordiais.

Anoura caudifer é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

***Anoura geoffroyi* Gray, 1823**

Anoura geoffroyi é uma espécie insetívora e nectarívora facultativa, amplamente distribuída pelo Brasil, que ocupa uma variedade de habitats – entre faixas de 400 a 2.500 m de altitude, desde áreas úmidas, florestas plantadas e decíduas, túneis e cavernas (Handley, 1976; Reis *et al.*, 2007; Ortega; Alarcón-D, 2008). Se empoleiram sozinhos ou em colônias com 20-75 ou 300 indivíduos (Ramírez-Pulido *et al.*, 2001), e podem formar colônias mistas com *Carollia perspicillata*, *Glossophaga soricina*, *Lonchophylla robusta*, *Natalus tumidirostris*, *Pteropteryx kappleri*, *Pteronotus rubiginosus*, entre outras espécies (Ortega; Alarcón-D, 2008).

Encontrado em duas cavidades, N1_0168 e S11D_0001, *Anoura geoffroyi* formava colônias mistas com *Hsunycteris cf. thomasi* e Lonchophyllinae sp., compostas por centenas de indivíduos, respectivamente. Na N1_0168, não foi possível estabelecer uma periodicidade de uso e ocupação, devido o registro aqui elencado corresponder a somente uma amostragem, ocorrida em março de 2023 (estação chuvosa da região). Por outro lado, a colônia da S11D_0001 foi considerada permanente (avistada em todas as ocasiões de visita) e estável (pouca variação do tamanho populacional e reprodutivamente ativa – com capturas de fêmeas prenhes capturadas em agosto de 2022 e março de 2023, e de machos reprodutivos em fevereiro e agosto de 2022 e março de 2023).

Quase sempre, morcegos nectarívoros se reproduzem durante a estação seca (Fleming *et al.*, 1972; Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019). Em Carajás, na cavidade S11D_0001, fêmeas lactantes foram registradas no meio da estação seca (agosto de 2022), sugerindo que nascimentos ocorram durante esta estação, conforme observado para outras regiões do Brasil – padrão reprodutivo monoestro⁶ (Ortega; Alarcón-D, 2008).

No geral, a temperatura é um fator importante na modulação dos ciclos reprodutivos de fêmeas de morcegos (Mello *et al.*, 2009; Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019), que, em regiões temperadas, tendem a fazer migrações altitudinais sazonais em busca de locais com

⁶ Na monoestria estacional ocorro somente um pico reprodutivo ao ano (CDM, 2023).

temperaturas ideais para reprodução, desenvolvimento embrionário, dar à luz e criar seus filhotes (Angell *et al.*, 2013; Saldaña-Vázquez *et al.*, 2019). Nesses casos, a presença de fêmeas e seus eventos reprodutivos estão sincronizados com as estações mais quentes e úmidas (Ferreira-Garcia *et al.*, 2018), determinando as proporções sexuais nas colônias (Torres-Flores *et al.*, 2012; Ferreira-García *et al.*, 2018).

No caso de Carajás, uma região tropical, a umidade relativa do ar (que se manteve, majoritariamente, acima de 99% ao longo todas as estações) foi mais determinante para a presença e, possivelmente, para os eventos reprodutivos de *Anoura geoffroyi* do que a temperatura (que se manteve na faixa aproximada dos 23 °C ao longo das diferentes estações). Ainda, o número de machos e fêmeas capturados nas diferentes estações do ano foram proporcionais, com o uso constante da cavidade por fêmeas e sem indicativo de migração em busca de locais para reprodução. Logo, conclui-se que a S11D_0001 possui características físicas, principalmente de umidade relativa do ar, ideais para os eventos reprodutivos e permanência de *A. geoffroyi* – desde a cópula até o nascimento e criação dos filhotes.

Complementarmente, a umidade relativa do ar constantemente elevada se explica pela presença de uma cachoeira em uma entrada da S11D_0001, que mantém seu fluxo de água durante todo ano, se tornando mais volumoso na estação chuvosa. Tendo isso em vista, é importante considerar que a presença de corpos d'água também podem ser determinantes para a ocorrência de *Anoura geoffroyi*, uma vez que na N1_0168 também há uma pequena cachoeira em seu interior (entre as zonas de penumbra e afótica). Não só, durante as atividades de captura e manuseio, notou-se que *A. geoffroyi* possuía temperatura corporal elevada, sentida por meio do calor irradiado pelo corpo do morcego e que aquecia consideravelmente os sacos de contenção. Diante disso, umidade relativa do ar alta e a presença da cachoeira podem ser essenciais para auxiliar no processo de regulação da temperatura corporal e fornecer conforto térmico aos morcegos.

Nesse cenário, destaca-se a importância de manter a integridade ambiental não só das cavidades de Carajás, mas também das suas áreas de entorno (para além do *buffer* de proteção previsto na legislação espeleológica brasileira – vide Decreto Nº 6.640, de 7 de novembro de 2008, ainda em vigor, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional), que fornecem recursos alimentares essenciais à sobrevivência e conservação dos morcegos. Considerando também que as cavernas são intimamente ligadas a superfície e que sofrem diretamente e rapidamente os efeitos de qualquer alteração ocorrida nesse ambiente (Moura *et al.*, 2008).

Nesse contexto, o registro de leucismo aqui elencado (para além da condição genética da anomalia, relacionada à presença de endogamia), chama atenção para o cenário ambiental em que a cavidade S11D_0001 está inserida: uma área de mineração com impactos crescentes relacionados a supressão de vegetação e de locais de abrigo, como cavernas, que podem estar promovendo um aumento no isolamento das suas populações de *Anoura geoffroyi*. Caso semelhante foi reportado por Reis e colaboradores (2019) em relato de leucismo para *A. geoffroyi* em uma caverna ferrífera do estado de Minas Gerais.

Anoura geoffroyi é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

***Glossophaga soricina* (Pallas, 1766)**

Glossophaga soricina se alimenta de insetos, frutas, pólen, néctar e partes de flores e ocorre em uma ampla variedade de habitats, de florestas espinhosas áridas e subtropicais a florestas tropicais e savanas, com distribuição desde o nível do mar até aproximadamente 2.600 m de altitude (Alvarez *et al.*, 1991). Trata-se do morcego nectarívoro mais frequentemente encontrado em inventários faunísticos locais no Brasil (Reis *et al.*, 2007).

Este morcego se empoleira em locais variados, incluindo cavernas, e suas colônias geralmente são compostas por machos e fêmeas, com a incidência de colônias maternidade em determinadas épocas do ano (Webster, 1983; Alvarez *et al.*, 1991). Nos seus abrigos, podem coabitar com, aproximadamente, 30 espécies de morcegos, incluindo *Anoura caudifer* e *Carollia perspicillata* (Goodwin; Greenhall, 1961; Webster, 1983; Willig, 1985), conforme observado neste estudo. A coabitação de *G. soricina* com *C. perspicillata* sugere uma associação benéfica, relacionada a redução dos custos da termorregulação entre essas duas espécies (Alvarez *et al.*, 1991), principalmente em cavernas onde a manutenção da temperatura corporal pode ser custosa (Howell, 1975).

Registrada em duas cavidades, na N1_0174, *Glossophaga soricina* teve sua presença relacionada com a temperatura, que, em locais próximos aos microhabitats compartilhados com *Carollia perspicillata* e *Anoura geoffroyi*, ficava em torno dos 28,1 °C na estação seca e 24,8 °C na chuvosa – estando entre os menores valores pontuais medidos, quando comparado com outros locais da caverna. Nessa cavidade a pequena colônia de *G. soricina* foi considerada permanente (avistada em todas as ocasiões de visita), mas não estável (pela ausência de registros de fêmeas prenhes, filhotes e macho reprodutivos).

A outra cavidade foi a N3_0003, nela não foi possível estabelecer uma periodicidade de uso e ocupação pela colônia de *Glossophaga soricina*, devido o registro corresponder a uma única amostragem ocorrida em agosto de 2022 (estação seca da região). Apesar disso, machos reprodutivos e jovens foram identificados.

Glossophaga soricina apresenta um padrão reprodutivo poliétrico sazonal no México e na Colômbia, ou poliestria bimodal Panamá, Costa Rica e nordeste do Brasil (Fleming *et al.*, 1972; Alvarez *et al.*, 1991; Reis *et al.*, 2007). Caso filhotes e fêmeas prenhes ou lactantes sido capturados, seria possível averiguar se o padrão reprodutivo de *G. soricina* em Carajás segue o reportado na literatura.

Glossophaga soricina é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2015 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

Subfamília Lonchophyllinae

A subfamília Lonchophyllinae, também composta morcegos nectarívoros, segue sendo um grupo pouco estudado, principalmente em termos evolutivos (Alvarado, 2021). Há muitos espécimes de Lonchophyllinae disponíveis em coleções científicas, mas poucos com tecidos extraídos para análises moleculares – método ainda pouco aplicado. Diante disso, o uso de novas técnicas de coleta e a troca de informações entre especialistas é essencial para esclarecer lacunas e aprimorar o conhecimento sobre a diversidade biológica, incluindo novos táxons.

Baseado nisso, todo material aqui considerado como Lonchophyllinae sp., teve sua delimitação específica impossibilitada por sobreposição de caracteres craniais e dentários e ranges geográficos. Assim, foi encaminhado ao Dr. Renato Gregorin que está conduzindo estudos genéticos para determinar com mais segurança e propriedade a espécie de que se trata.

Os indivíduos de Lonchophyllinae sp. foram encontrados na cavidade S11D_0001, formando colônia com dezenas a centenas de indivíduos, em coabitação com *Anoura geoffroyi*. Essa colônia foi considerada permanente (avistada em todas as ocasiões de visita) e estável (pouca variação do tamanho populacional – considerando observações *in situ* e número de captura de indivíduos, e reprodutivamente ativa – com fêmeas prenhes capturadas em agosto de 2022 e março de 2023, correspondente as estações seca e chuvosa, respectivamente).

A ocorrência de Lonchophyllinae na S11D_0001 foi determinada pela umidade relativa do ar, que permaneceu próxima a saturação (99,9%) na maior parte do período de

monitoramento da cavidade. Além disso, outras características do ambiente também podem ser importantes para a ocorrência de Lonchophyllinae: a presença de cachoeira com fluxo constante e de *Anoura geoffroyi* (sugerindo uma possível associação benéfica com fins térmicos entre as espécies), mas que precisam ser melhor investigadas.

Por se tratar de uma espécie indeterminada, Lonchophyllinae sp. não é classificada na *IUNC Red List of Threatened Species* e nem na lista de espécie ameaçada para o território nacional. Logo, fica ainda mais sujeita às ameaças de destruição de habitats e supressão de seus abrigos (cavernas), principalmente, considerando o potencial de expansão das atividades econômicas – ligadas a mineração – na região de Carajás.

***Hsunycteris* aff. *thomasi* (Allen, 1904)**

Hsunycteris aff. *thomasi* se alimenta de pólen, néctar, frutos e insetos (Reis; Peracchi, 1987; Reis *et al.*, 2007). No Brasil, foi registrado nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e norte de Goiás (Reis *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2021). Encontrado em áreas de matas primárias, de cultivo e savana amazônica (Reis; Peracchi, 1987; Bernard; Fenton, 2020; Reis *et al.*, 2007), embora prefira florestas tropicais e áreas úmidas, onde abriga-se em ocos de árvores, debaixo de árvores caídas, em fendas no solo e cavernas (Handley, 1976; Reis *et al.*, 2007).

Atualmente, duas espécies do gênero *Hsunycteris* ocorrem no Brasil – *H. pattoni* e *H. thomasi* (Garbino *et al.*, 2022). Esta última considerada como um grupo parafilético⁷, com populações que incluem linhagens com divisões divergentes (Velazco *et al.*, 2017; Lim; Lee Jr., 2018), o que torna as identificações baseadas em morfologias uma tarefa difícil e impossibilita determinação específicas precisas. Por esse motivo, foi considerado que o material aqui relacionado pertence a *Hsunycteris* aff. *thomasi*, associado, mas não idêntico a espécie. Recentemente, táxons coletados na região amazônica têm revelado novas espécies de *Hsunycteris* (Velazco *et al.*, 2017), o que demonstra a importância de novos registros de ocorrência – que possibilitam uma melhor compreensão sobre a distribuição geográfica das espécies, e a necessidade de se coletar amostras moleculares – que permitirão estudos filogenéticos e uma delimitação mais assertiva das espécies.

⁷ Grupo taxonômico correspondente a um grupo monofilético (inclui uma espécie ancestral e todas as espécies descendentes) maior do qual se retirou uma ou mais de suas espécies descendentes; ou seja, são grupos que excluem uma ou mais linhagens descendentes (Amorim, 2002).

Hsunycteris aff. *thomasi* foi registrada na zona afótica da N1_0168, formando colônia com centenas de indivíduos em coabitação com *Anoura geoffroyi*. Aparentemente, a presença de espécies da subfamília Lonchophyllinae tende a ser associada com *A. geoffroyi*, padrão de distribuição (possivelmente ligados a quesitos fisiológicos de termorregulação) que deve ser investigado em outras cavernas de Carajás além das contempladas no presente estudo.

Na cavidade N1_0168, não foi possível estabelecer uma periodicidade de uso e ocupação da colônia de *Hsunycteris* aff. *thomasi*, devido o registro aqui elencado corresponder a somente uma amostragem ocorrida em março de 2023 (estação chuvosa da região). Na ocasião, foram capturadas dezenas de fêmeas prenhes. Fêmeas lactantes foram encontradas entre dezembro e janeiro no Parque Nacional da Amazônia – estado do Pará (Marques, 1985), e em outubro na Amazônia Central – estado do Amazonas (Bernard, 2002).

Por se tratar de uma espécie com ocorrência restrita ao bioma amazônico, que apresenta problemas taxonômicos e sistemáticos e possui lacunas no conhecimento a respeito de sua biologia e ecologia, mais esforços devem ser empenhados e pesquisas conduzidas, principalmente em áreas com densidades elevadas de cavernas e altamente propensas a destruição de habitats. Como é o caso da região de Carajás, que pode nos fornecer informações surpreendentes sobre a relação entre espécies e dessas espécies com os habitats subterrâneos, possibilitando a proposição de estratégias de conservação realmente aplicáveis e úteis aos gestores das Unidades de Conservação.

Hsunycteris aff. *thomasi* é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2015 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

Subfamília Carolliinae

***Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758)**

Carollia perspicillata é um morcego frugívoro, que complementa sua dieta com flores e insetos, além de néctar e pólen durante a estação seca, quando a disponibilidade de frutas é baixa e a produção de flores atinge o pico (Cloutier; Thomas, 1992; Lemos *et al.*, 2020). Encontrado em florestas perenes úmidas e decíduas secas, é um dos quirópteros mais capturados, principalmente, em matas de crescimento secundário (Pine, 1972; Fleming, 1988; Cloutier; Thomas, 1992), e a segunda espécie mais comum em cavernas brasileiras (Trajano, 1995).

A presença de *Carollia perspicillata* está associada a águas estagnadas, espaço interno (ou de abrigo) livre de predadores e a temperatura (Marques, 1985; Cloutier; Thomas, 1992) – que teve um papel determinante para a ocorrência de *C. perspicillata* nas cavidades N3_0026 ($\bar{x}$ 24,8 °C) e SB_0049 ($\bar{x}$ 24,0 °C), e menos acentuado na N1_0174 ($\bar{x}$ 22,7 °C). Nessas faixas de temperatura (ver Cloutier; Thomas, 1992), *C. perspicillata* mantém seu metabolismo basal, com gasto mínima de energia necessária para manter suas atividades vitais.

Tendo em vista as demandas energéticas associadas a manutenção de colônias maternidade, a reprodução constante, ao cuidado parental (observados nas cavernas do estudo) e, ainda, as necessidades de se proteger contra predadores, a temperatura também pode ser determinante para o encontro de colônias permanentes (avistadas em todas as ocasiões de visita) e estáveis (pouca variação do tamanho populacional, presença de filhotes e reprodutivamente ativa) na N1_0174 e SB_0049. Nessas colônias, compostas por centenas de indivíduos, fêmeas prenhes capturadas na estação seca e machos reprodutivos em todas as estações do ano.

No nordeste do Brasil (mais especificamente, na Caatinga e no Cerrado), uma maior proporção de fêmeas prenhes foi registrada em junho-agosto, coincidindo com o pico de produção de frutos; e um segundo período de reprodução durante o meio ou final da estação seca (fevereiro-maio), quando as flores são mais abundantes (Fleming *et al.*, 1972; Willig, 1985; Cloutier; Thomas, 1992). Considerando o contexto amazônico, cuja disponibilidade de recursos alimentares não é um fator limitante para o nascimento, infere-se que fêmeas prenhes e filhotes sejam frequentes ao longo de todo ano durante em Carajás.

De modo geral, as fêmeas de *Carollia perspicillata*, após dar à luz, se tornam férteis novamente no estro pós-parto, o que leva a um padrão de poliestria bimodal (CDM, 2023) – padrão reprodutivo foi observado em Carajás. Um parto foi acompanhado na cavidade N1_0174 em agosto de 2023: a fêmea deu à luz na rede de neblina e o filhote, ao nascer, se pendurou nas mamas da mãe. Normalmente, os filhotes permanecem agarrados à mãe por 23 dias se dispersam para outros grupos ou abrigos após 16 semanas (Fleming, 1988; Cloutier; Thomas, 1992).

Apesar da colônia de *Carollia perspicillata* na N1_0174 ser considerada como maternidade, as fêmeas tendem a não colocar seus filhotes em creches⁸, geralmente voam com eles ou os deixam no abrigo durante suas atividades de forrageamento (Porter, 1979; Cloutier;

⁸ Se refere ao compartilhamento do cuidado parental por outras fêmeas, isto é, quando a mãe deixa seu filhote sob os cuidados de outra fêmea da colônia para realizar atividades básicas de sobrevivência, como de forrageamento.

Thomas, 1992). Durante o período de lactação, os machos protegem os filhotes enquanto as fêmeas se alimentam (Porter, 1979) – organização social poligínica (sistema de defesa por recursos), com harém usados por um único macho adulto territorial, uma ou várias fêmeas e seus descendentes juvenis (Cloutier; Thomas, 1992).

Fêmeas jovens ingressam sazonalmente nas colônias e trocam de harém, em média, a cada 17 dias (Porter, 1979), o que leva a variações diárias, sazonais e sexuais significativas (Cloutier; Thomas, 1992). Além disso, elas se movem entre as cavernas durante a estação chuvosa e para as árvores ocas durante a estação seca (Fleming, 1988). Assim sendo, a variação sazonal e sexual observada neste estudo pode explicada tanto pelos movimentos de dispersão das fêmeas quanto pela maior atividade ligada aos picos de nascimentos ocorridos na estação chuvosa.

Carollia perspicillata é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2015 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada.

FAMÍLIA MORMOOPIDAE

***Pteronotus rubiginosus* (Wagner, 1843)**

Pteronotus rubiginosus é um morcego insetívoro estrito, encontrado nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil, habitando, preferencialmente, salões de cavernas com umidade relativa do ar elevada (Handley, 1976; Herd, 1983; Reis *et al.*, 2007). De fato, na cavidade S11D_0001 a presença de *P. rubiginosus* foi relacionada com a umidade relativa do ar que, independentemente da sazonalidade, manteve valores próximos a saturação (99,9%). Em geral, a seleção do abrigo é crítica para os morcegos, principalmente, para aqueles que formam grandes colônias e que mantêm todos os indivíduos num mesmo local, como é o caso das espécies do gênero *Pteronotus* (Barros; Bernard, 2023).

Nessa caverna, o tamanho de sua colônia flutuou consideravelmente entre as estações chuvosa e seca, indo de poucas dezenas a centenas de indivíduos, respectivamente. Esse é um indicativo da alta mobilidade e uso de uma área de vida ampla por *Pteronotus rubiginosus*, por esse motivo, a colônia da S11D_0001 não foi considerada como permanente e estável. Variações similares, foram observadas em estudos de monitoramento realizados em outras cavernas da região de Carajás (dados Vale S.A.).

Não só, os registros de *Pteronotus rubiginosus* foram marcados pela captura de uma fêmea no período chuvoso (em fevereiro de 2022) na N1_0174, e de machos na estação seca (em agosto de 2022) e chuvosa (em março de 2023) na S11D_0001. Normalmente, em alguns países da América do Sul (Bolívia, Brasil, Equador e Peru), indivíduos de *P. rubiginosus* se reproduzem no mês de janeiro (Herd, 1983; Eisenberg; Redford, 1999). Na época de acasalamento, ambos os sexos se encontram e a cópula tende a ocorrer no período noturno, podendo haver “enxameações⁹” (Goodwin, 1970; Herd, 1983). Após este período, machos e fêmeas tendem a se mover ou segregar para abrigos distintos (Herd, 1983).

Nesse cenário, duas hipóteses, não excludentes, sobre a reprodução e o uso dos abrigos por *Pteronotus rubiginosus*, podem ser consideradas para Carajás: na primeira, há segregação de sexo em épocas não reprodutivas, onde fêmeas e machos se encontram em cavidades distintas e se reúnem somente em épocas reprodutivas; na segunda, o período reprodutivo se dá no mês de agosto, ocorrendo “enxameações” e predominância de machos, sendo a cavidade S11D_0001 um possível abrigo de cópula. Salienta-se que, para a segunda hipótese, a não captura de fêmeas no mês de agosto não implica em sua ausência na cavidade, visto que elas podem simplesmente não ter caído na armadilha.

Pteronotus rubiginosus é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2016 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada).

***Pteronotus gymnonotus* (Wagner, 1843)**

Pteronotus gymnonotus é um morcego estritamente insetívoro e que ocupa os mais variados habitats, incluindo a Floresta Amazônica, vegetação de Canga, Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (Reis *et al.*, 2007; Pavan; Tavares, 2020). Considerado um dos mormoopídeos com maior alcance latitudinal, é menos comum na maior parte de sua distribuição geográfica (Smith, 1972; Handley, 1976; Pavan; Tavares, 2020).

Grandes colônias de *Pteronotus gymnonotus* têm sido observadas em diversas áreas cársticas do nordeste brasileiro; enquanto no centro e norte do Brasil, colônias menos abundantes têm sido reportadas, principalmente nos estados do Goiás, Mato Grosso e Pará, onde poucos indivíduos foram capturados ou pequenos grupos foram observados em cavernas

⁹ Quando fêmeas e machos se reúnem para reprodução, formando uma colônia reprodutiva (extraído e adaptado de EMBRAPA, 2023).

(Pavan; Tavares, 2020). No estado do Pará, *P. gymnonotus* foi registrado em várias cavernas ferríferas da Floresta Nacional de Carajás (Tavares *et al.*, 2012; dados de monitoramento Vale S.A.).

Neste estudo, houve o registro de somente um indivíduo de *Pteronotus gymnonotus*, capturado empoleirado em um conduto estreito e isolado da N1_0174, caracterizado como uma zona de transição de zona de penumbra para quase afótica (a depender da localização do avaliador). A captura ocorreu na estação chuvosa de 2022 e sua presença foi associada a uma temperatura de 25,4 °C (combinada a umidade relativa do ar de 84,4%), mensurada segundos após a coleta do espécime. Tal combinação de parâmetros microclimáticos não foi mais observada em nenhuma outra cavidade ou estação do ano, nem nas medições pontuais e nem no monitoramento microclimático, sustentando a ausência de mais registros de *P. gymnonotus* em outras ocasiões de amostragem.

Geralmente, *Pteronotus gymnonotus* se empoleira em sistemas de cavernas grandes, úmidas e quentes, em associação com outras espécies de mormoopídeos, filostomídeos e natalídeos (Bredt *et al.*, 1999; Sbragia; Cardoso, 2008; Deleva; Chaverri, 2018; Pavan; Tavares, 2020), incluindo *Carollia perspicillata* e *Trachops cirrhosus*, conforme presenciado na N1_0174.

Ainda, um padrão reprodutivo monoestro foi observado por Pavan & Tavares (2012), sugerindo estações reprodutivas distintas ao longo da distribuição geográfica de *Pteronotus gymnonotus*. Na Amazônia brasileira, fêmeas prenhes foram anotadas em setembro (V. Tavares, comunicação pessoal, em Pavan; Tavares, 2020), coincidindo com o final da estação seca e início da chuvosa, demonstrando um padrão reprodutivo sincronizado com a estação chuvosa. O registro aqui elencado não possibilitou inferências sobre reprodução, visto que a fêmea capturada não apresentava nenhuma característica reprodutiva.

Pteronotus gymnonotus é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 2018 (IUCN, 2023). No Brasil, não se encontra em nenhuma lista de espécie ameaçada).

FAMÍLIA FURIPTERIDAE

Furipterus horrens (Cuvier, 1828)

Exclusivamente insetívoro e com uma distribuição essencialmente tropical (Walker, 1975; Uieda *et al.*, 1980; Falcão, 2015), no Brasil, *Furipterus horrens* é encontrada nos estados

do Amazonas, Pará, Piauí, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, Santa Catarina e Distrito Federal (Reis *et al.*, 2007). Seus abrigos incluem ocos de árvores, árvores caídas em vários estágios de decomposição e cavernas, preferencialmente próximos a áreas úmidas ou riachos (Uieda *et al.*, 1980; Reis *et al.*, 2007; Falcão, 2015).

Em cavernas, *Furipterus horrens*, se empoleira em salões e galerias iluminados ou não, em pequenas depressões e buracos existentes nas paredes ou no teto, onde formam grupos de tamanhos variáveis – pequenos (4 a 6 indivíduos), intermediários (cerca de 30 indivíduos) ou grandes (com mais de 300 indivíduos), sem manter contato corporal e espalhados pela cavidade (Uieda *et al.*, 1980). De qualquer modo, os tamanhos de suas colônias serão limitados pelas dimensões dos abrigos (Walker, 1975; Uieda *et al.*, 1980).

Aqui, *Furipterus horrens* foi registrado em zonas com iluminação variadas (incluindo zona de entrada, penumbra, afótica e de transição penumbra-afótica), tanto em grupos menores (2 indivíduos) quanto em colônias com dezenas ou centenas de indivíduos. Em ambos os casos, os indivíduos de *F. horrens* se mantinham afastados uns dos outros, mas sempre ocupando microhabitats específicos nas cavidades de ocorrência. Na SB_0049, sua presença foi determinada pela temperatura, que se manteve na média dos 24,0 °C ao longo das estações.

No geral, *Furipterus horrens* se associa fortemente a cavernas, possui elevada especificidade de habitat e sensibilidade a alterações dos habitats (Bredt *et al.*, 2018). Essas condições associadas as reduzidas frequências de captura ao longo de sua distribuição geográfica, fizeram com que a espécie fosse considerada rara e incomum (Bredt *et al.*, 2018). No entanto, em Carajás, *F. horrens* foi uma das espécies mais frequentes, ocorrendo em 45% das cavidades onde o estudo foi conduzido. Isso sugere que esses habitats são fundamentais para a espécie, e que possuem condições adequadas para o estabelecimento de suas colônias. Não só, os ambientes superficiais associados, explorados pelos quirópteros em busca de alimento, integram sua área de vida e também são essenciais para sua sobrevivência.

Atualmente, Carajás experimenta uma das mais elevadas taxas de destruição de habitats, incluindo cavidades naturais subterrâneas, devido ao grande potencial mineral da região. Nesse cenário, estudos indicam que as populações de *Furipterus horrens* já estão em declínio e, que em 10 anos, pelo menos 30% de suas populações serão perdidas (V. Tavares, comunicação pessoal, em Bredt *et al.*, 2018).

Furipterus horrens é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 201

(IUCN, 2023), no Brasil, é classificado como vulnerável à extinção (MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022).

FAMÍLIA NATALIDAE

Natalus macrourus (Gervais, 1856)

Restrito a região Neotropical, apesar possuir registros em quase todas as regiões do Brasil, *Natalus macrourus* é pouco frequente (Reis *et al.*, 2007; Bredt *et al.*, 2018). Encontrado, principalmente, em cavernas – empoleirado em locais mais profundos, quentes e úmidos, *N. macrourus* apresenta baixa tolerância a dessecação e, por esse motivo, sua distribuição se limita a disponibilidade de ambientes subterrâneos (Nowak, 1994; Arita; Vargas, 1995; Reis *et al.*, 2007; Bredt *et al.*, 2018).

Natalus macrourus foi registrado somente na N1_0168, onde formava colônia com centenas de indivíduos e se empoleirava próximo a uma pequena cachoeira. Embora o microclima da cavidade não tenha sido medido, as elevadas temperatura e umidade relativa do ar eram notáveis, tanto pela sensação quanto pelo desconforto térmico (calor e transpiração intensos). Comumente, devido à sua capacidade limitada de termorregulação, natalídeos são observados em cavernas onde esses parâmetros são elevados e estáveis ao longo do ano, por exemplo, temperatura Δ 23-36,6 °C e umidade relativa do ar Δ 74-100% (Mitchell, 1967; Arita; Vargas, 1995; Ávila-Flores; Medellín, 2004; Torres-Flores; López-Wilchis, 2012; López-Wilchis *et al.*, 2019).

Para *Natalus mexicanus*, tais especificidades de habitat se relacionam as características ecomorfológicas de suas asas, que são altamente suscetíveis a desidratação em ambientes de baixa umidade e em temperaturas inferiores a 23 °C, com impacto direto sobre a sua dispersão – populações se movem localmente para abrigos próximos (Torres-Flores, 2013; López-Wilchis *et al.*, 2019). Infere-se que a afirmativa seja verdadeira para seu congênere *N. macrourus*, o que evidencia a importância não só da cavidade N1_0168, mas do Platô N1, para o estabelecimento e manutenção de suas populações, que possuem requerimentos fisiológicos específicos e limites de dispersão – fatores que reduzem as áreas apropriadas para *N. macrourus*. Este é o primeiro registro oficial da espécie para cavernas da Serra Norte, Platô N1, Floresta Nacional de Carajás.

De fato, até o momento, *Natalus macrourus* foi registrado em somente três cavidades da Serra do Tarzan – Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (ST_0011, ST_0037 e ST_0056) e sete para o complexo S11D – Floresta Nacional de Carajás (S11D_0001, S11D_0010,

S11D_0029, S11D_0043, S11D_0064, S11D_0078 e S11D_0083 (dados de monitoramento Vale S.A.). Considerando sua forte associação com ambientes subterrâneos e a destruição acelerada destes habitats, principalmente pela mineração, é esperado um declínio das populações de *N. macrourus* de, aproximadamente, 30% nos próximos 10 anos (Bredt *et al.*, 2018). Logo, sugere-se que estudos futuros averiguem a relação existente entre a presença de *N. macrourus* (e suas especificidades) e as cavidades de ocorrência, a fim de estabelecer padrões de distribuição que trarão perspectivas sobre a conservação da espécie em Carajás.

Complementarmente, na ocasião de visita, apenas machos foram avistados e capturados, mas sem indicativo de período reprodutivo (isto é, não estavam escrotados). Em geral, fêmeas prenhes são encontradas entre os meses de janeiro e junho (Reis *et al.*, 2007), em colônias com segregação sexual durante a maternidade – nos períodos de nascimento dos filhotes e cuidado parental materno (Nowak, 1994; Reis *et al.*, 2007). Prevê-se que o mesmo ocorra em Carajás, o que suporta o encontro de apenas indivíduos do sexo masculino.

Neste estudo, não foi possível estabelecer uma periodicidade de uso e ocupação da cavidade N1_0168 pela colônia de *Natalus macrourus*, devido o registro aqui elencado corresponder a somente uma amostragem ocorrida em março de 2023 (estação chuvosa da região).

Natalus macrourus é classificado globalmente como de menor preocupação (*Least Concern*) para conservação, de acordo com a *IUNC Red List of Threatened Species* em 201 (IUCN, 2023); porém, no Brasil, é classificado como vulnerável à extinção (MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022).

7.2 Assembleias de morcegos influenciam os invertebrados subterrâneos?

Variações na riqueza de invertebrados associados aos diferentes tipos de guano se relacionaram com a diversidade de morcegos, de modo que a fauna de invertebrados nas cavidades de Carajás foi influenciada pela *i*) presença de morcegos, *ii*) qualidade e *iii*) tipo do guano:

- i.* A ausência de morcegos e/ou a redução da abundância de suas populações levaram a uma notável redução na diversidade de invertebrados. Por exemplo, cavidades como N3_0005 e S11D_0012 que não contaram com o registro de morcegos também não apresentaram fauna de invertebrados associada ao guano. Ou a cavidade S11D_0010, que em fevereiro de 2022 apresentou cerca de 15 indivíduos de *Carollia perspicillata* e

depósitos de guano frugívoro com fauna associada, com decréscimo no número de morcegos em agosto de 2023 (n=3) e março de 2023 (n=1), onde todos os guanos frugívoros estavam antigos, secos, com fungo e sem fauna associada.

Os morcegos são essenciais a manutenção da complexidade ecológica dos habitats subterrâneos, por seu guano servir como fonte energética e substrato para os invertebrados (Poulson, 1972; Ginet; Decou, 1977; Gnaspini-Netto, 1989; Gnaspini, 1992; Gnaspini; Trajano, 2000; Trajano, 2000; Trajano; Bichuette, 2006).

- ii. Guano de morcegos mais antigos (=depositados a mais tempo, secos, com fungos e nutrientes [fósforo, nitrogênio, carbono] já consumidos) tenderam a ter pouca ou nenhuma fauna associada, diferindo substancialmente dos guanos mais recentes (=depositados recentemente, frescos, úmidos e com nutrientes [fósforo, nitrogênio, carbono] ainda disponíveis) que prontamente disponibilizam recursos aos invertebrados. Por exemplo, na N1_0174, S11D_0001 e SB_0049, onde colônias permanentes com centenas de morcegos depositam continuamente guano fresco que sustenta uma fauna rica de invertebrados.

Quando morcegos estão presentes e ativos, guano fresco é acumulado continuamente; à medida que vão embora, há uma dessecação progressiva do guano e alterações de suas propriedades químicas e microclimáticas (Gnaspini; Trajano, 2000). Guanos frescos são mais básicos (pH elevado) e possuem alto teor de carbono, fósforo e nitrogênio, o que aumenta a riqueza da fauna de invertebrados associada (Salgado, 2011).

- iii. A diversidade de hábitos alimentares dos morcegos conferiu recursos (ou tipos de guano) variáveis que atenderam uma gama maior de invertebrados, seguindo a associação observada por Gnaspini-Neto (1989), Trajano, Gnaspini-Neto (1991), Ferreira; Martins (1999) e Salgado (2011): invertebrados mais específicos, que se associam a somente um determinado tipo de guano (como Diptera-Muscidae – que tem preferência pelo guano de morcegos hematófagos, e Hemiptera-Cydnidae, Isopoda, Pseudoscorpiones e Psocoptera – com preferência pelo guano de morcegos frugívoros), e os mais generalistas, encontrados em mais de um tipo de guano (por exemplo, Collembola, Orthoptera-Phalangopsidae, Diplopoda-Pseudonannolenidae, opiliões e ácaros – que se alimentam de guano de morcegos hematófagos e frugívoros).

Os invertebrados associados ao guano variam conforme o hábito alimentar do morcego, e estas diferenças se dão pela variação no conteúdo de nutrientes presentes nos tipos de guano, bem como pelo processamento fisiológico e assimilação da dieta entre as espécies de morcegos (Emerson; Roark, 2007). Guano de morcegos hematófagos

possuem um teor maior de carbono e rico em compostos nitrogenados; o de morcegos frugívoros contém concentrações relativamente altas de carboidratos estruturais (por exemplo, celulose e hemicelulose); o de morcegos onívoros possuem um teor maior de nitrogênio (devido a quantidades elevadas de proteína animal); o de morcegos insetívoros que contém maiores concentrações de fosfato e ricos em ureia e compostos nitrogenados (Emerson; Roark, 2007; Salgado, 2011).

A partir disso, pode-se dizer que a presença de morcegos nas cavernas é um fator importante e determinante para a fauna de invertebrados, mas não limitante. Outro fator considerável, observado ao longo do estudo, foi a sazonalidade (com um maior número de táxons coletados na estação chuvosa).

A sazonalidade, marcada principalmente pelas diferenças na umidade relativa do ar – que tende a aumentar em épocas de chuva (conforme visto, para algumas cavidades, nos dados do monitoramento microclimático), pelo aumento expressivo de entrada de água por percolação e infiltração nos períodos chuvosos e pelo maior aporte de recurso vindo de enxurradas (material vegetal carregado para dentro de algumas cavidades), também parece atuar na variação da riqueza de invertebrados nas cavidades de Carajás. Testes futuros devem ser realizados a fim de verificar e comparar se as diferenças sazonais observadas foram significativas.

Em tese, para a fauna de invertebrados que se associa ao guano, os morcegos mais importantes são aqueles que contribuem com uma maior quantidade de recurso (Trajano; Gnaspini-Neto, 1991) – nesse caso, as espécies mais abundantes e comuns, como *Carollia perspicillata* e *Furipterus horrens*. Na realidade, para manter as comunidades subterrâneas, faz-se necessário conservar todas as espécies de morcegos (Trajano, 1995). Em outros termos, não se trata apenas da quantidade de recurso, mas também de qualidade nutricional. Logo, quanto mais diversa a comunidade de morcegos, mais invertebrados serão assistidos por uma maior variedade de guano.

7.3 Bat ou hot cave: assembleias de morcegos atuam sobre a dinâmica das cavernas ferríferas no Brasil?

De modo geral, as condições microclimáticas das *bat* e *hot caves* favorecem o estabelecimento de grandes populações de morcegos (compostas por centenas a milhares de indivíduos), incluindo de espécies mais sensíveis que necessitam de condições de temperatura e umidade relativa do ar específicas (caso de *Furipterus horrens* e *Natalus macrourus*). Além

disso, *bat* e *hot caves* apresentam condições bióticas e abióticas singulares, que são essenciais no exame, identificação e determinação dessas cavidades. Com base nessas condições:

Bat caves

Duas cavidades – N1_0174, S11D_0001 – foram classificadas como *bat caves* por apresentarem colônias de morcegos numerosas e estáveis; além de quantidades expressivas de guano, que constitui uma das principais fontes energéticas desses ambientes e determinam a riqueza de invertebrados.

✚ Na N1_0174, o número elevado de morcegos não influencia no clima interno, visto que flutuações na temperatura e umidade relativa do ar são constantes e acompanham as estações do ano (conforme observado no monitoramento microclimático). Além disso, há uma forte influência do ambiente superficial devido à geomorfologia da cavidade, que possui duas entradas, que permite uma maior circulação de ar.

✚ Na S11D_0001, o elevado número de morcegos influencia parcialmente no clima: quando centenas de indivíduos de *Pteronotus rubiginosus* se encontram na cavidade e se aglomeram junto com às colônias de *Anoura geoffroyi* e Lonchophyllinae sp., a temperatura chega aos 29 °C. Em outras ocasiões, quando *P. rubiginosus* abandonam a cavernas, permanecendo apenas *A. geoffroyi* e Lonchophyllinae sp., a temperatura se mantém relativamente constante, na média de 23 °C.

Já a umidade relativa do ar, permanece constante, sempre próxima a saturação (acima de 99%) – com a influência de uma pequena cachoeira, cuja circulação de água é contínua e aumenta seu fluxo e volume na estação chuvosa.

Hot cave e Bat cave

A cavidade SB_0049 foi classificada como *hot cave* e *bat cave* por apresentar características que permeiam entre essas duas definições, a saber:

✚ *Bat cave* – permanece habitada por colônias numerosas e estáveis de morcegos e elevadas quantidades de guano, que pode ser considerado a principal fonte energética para os invertebrados;

✚ *Hot cave* – permanece com a temperatura (~24°C) e umidade relativa do ar elevadas e constantes (próxima a saturação, acima de 99%), com mudança brusca da percepção térmica dessas variáveis ao entrar e se mover pela cavidade; elevadas quantidades de guano (com registro de fauna típica – besouros, baratas, grilos, hemípteros e

ambliopígeos) e forte odor característico; presença de somente uma entrada, bem pequena e um acesso crítico à câmara onde se localizam as colônias de morcegos, além de baixa circulação de ar.

É importante ressaltar que no monitoramento microclimático realizado, a temperatura apareceu abaixo do mencionado na literatura. Porém, devemos considerar que o *datalogger* parou as medições antes do tempo previsto e que, a partir das observações e sensações térmicas tidas durante as visitas (bem como os outros quesitos destacados na literatura básica) dão suporte para a afirmativa que a SB_0049 se trata de uma *hot cave*.

Adicionalmente, infere-se que a N1_0168 seja uma potencial *bat e hot cave*: com colônias composta por dezenas/centenas de indivíduos de quatro espécies distintas; elevadas quantidades de guano cobrindo todo o piso da cavidade, e com uma fauna de invertebrados associada característica e abundante (Chilopoda, Orthoptera, Blattaria, Isopoda, Coleoptera, Hemiptera, Diplopoda, Opiliones); temperatura e umidade relativa do ar consideravelmente altas (com base na percepção térmica e transpiração excessiva dos componentes da equipe de trabalho); sem circulação de ar; e com uma única entrada de difícil acesso. Com base nisso, ressalta-se a necessidade de monitoramentos biológico e microclimático para determinar com mais assertividade a sua classificação como uma *bat/hot cave*.

Nesse contexto, classificar cavernas como *bat* ou *hot caves* não é uma tarefa trivial, considerando que os atributos sugeridos pela literatura se baseiam em contextos similares das cavidades brasileiras (considerando que os estudos pioneiros foram desenvolvidos em cavernas tropicais), porém distintos, tendo em vista a singularidade dos ecossistemas subterrâneos (Trajano; Bichuette, 2010). Além disso, alguns desses atributos se sobrepõem e levam a dualidades e dúvidas na classificação segura.

Isto posto, para contribuir com a categorização desses ambientes, sugere-se que estudos multidisciplinares, associando microclima, geomorfologia e biologia, sejam conduzidos. Que os dados gerados, sejam dicotomizados em aspectos biológicos – para *bat caves* – suportados pela ecologia das espécies (por exemplo, dados de diversidade [ênfase para a abundância], periodicidade das colônias [com monitoramento], dados de reprodução), e aspectos físicos – para *hot caves* – suportados por parâmetros físicos (incluindo, monitoramento microclimático [temperatura, umidade relativa do ar], dados de precipitação, entradas e acessos das cavidades, fluxo de ar); e, então, parametrizados e aplicadas às classificações.

7.4 Conservação de morcegos e cavernas: uma corrida contra o tempo

Com uma fronteira de ocupação social dinâmica (Calentano; Veríssimo, 2007; Bernard *et al.*, 2011), a Amazônia brasileira tem vivenciado alterações ambientais constantes e intensas, que tem refletido na integridade dos seus habitats (Laurance *et al.*, 2001, Bernard *et al.*, 2011) e levado a desequilíbrios e colapsos ecológicos cada vez mais pronunciados. Um exemplo atual é a seca severa que tem atingido a região, intensificada pelo desmatamento e pelo fogo, com impactos negativos sobre os ecossistemas e as comunidades locais.

Diante de fortes pressões econômicas, a Amazônia tem estado na “corda bamba”, entre a destruição crescente e acelerada dos seus habitats e ações pontuais que buscam reverter ou conservar o que ainda resta. Mas será que restará? Tempo temos, mas não muito. Principalmente, quando o Poder Legislativo decide afrouxar a legislação ambiental em prol do afamado desenvolvimento econômico. Como exemplo, o Decreto Nº 10.935, de 12 de janeiro de 2022, que reduz a proteção das cavidades naturais subterrâneas no Brasil, permitindo que cavernas de máxima relevância sejam impactadas de forma irreversível.

Carajás se encontra nesse cenário, com áreas cada vez maiores entregues a mineração, devido ao seu elevado potencial para extração de minerais, dos mais variados tipos e da mais alta qualidade. A expansão das zonas mineráveis é uma realidade, com áreas já licenciadas e outras com pedidos protocolados no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Mas Carajás não é só minério. Com um alto potencial biológico, a região se enquadra num *hotspot* de biodiversidade imerso em Floresta Amazônica e campos de canga, que compõem ambientes singulares e abrigam formas de vida ricas, abundantes e, muitas vezes, restritas.

Dentre esses ambientes, destacam-se as cavernas ferríferas. Únicas! Tanto em termos de geomorfologia (com formações mediadas por interações biológicas e químicas ao longo de milhares de anos [Piló *et al.*, 2023]) quanto microclimáticos (presença de *hot caves* pouco compreendidas e que carecem de estudos aprofundados) e biológicos (abriga populações excepcionais de morcegos (em *bat caves*), incluindo espécies ameaçadas, endêmicas e, possivelmente, novas para a ciência; populações estas que mantêm uma rica comunidade de invertebrados, incluindo espécies ainda não descritas). Para os morcegos, Carajás é “o pacote habitacional ideal: casa, comida, relações sociais e estabilidade”. Bom, até então!

A região de Carajás, além de ser uma área importante para conservação de espécies, é um laboratório natural para o desenvolvimento de variados estudos biológicos, ecológicos,

fisiológicos, genéticos e comportamentais, que poderão sanar várias lacunas ainda existentes para diversas espécies, e colocar a região onde ela deveria estar: reconhecida não só pelos *royalties*, mas pela história contada pela biodiversidade.

Diante do exposto, propomos algumas estratégias de conservação que podem ser implementadas pelo gestor das Unidades de Conservação da região de Carajás (Núcleo de Gestão Integrada ICMBio Carajás), com apoio do Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas (CECAV) e de pesquisadores espeleólogos e especialistas em fauna subterrânea; e em parcerias com Universidades, Institutos de Pesquisa e profissionais com *expertise* nas diversas áreas do conhecimento necessárias ao desenvolvimento dessa proposta. Sugerimos a implementação de um programa de monitoramento de longo prazo das populações de morcegos que usam as cavernas de Carajás como recurso, contemplando:

- ✚ A identificação de cavernas com populações excepcionais em tamanho ou de espécies raras, endêmicas e ameaçadas;
- ✚ A criação de um banco de dados de distribuição e genético, que seja aberto a sociedade civil e científica (ressaltando que essas informações já existem, mas em domínio da Vale S.A. e do Instituto Tecnológico Vale, sendo o acesso restrito);
- ✚ O desenvolvimento de estudos populacionais que envolvam Ecologia, Fisiologia, Genética e Comportamento;
- ✚ O monitoramento microclimático de cavernas para acompanhamento de mudanças no clima e seus efeitos sobre os morcegos;
- ✚ O desenvolvimento de estudos ecológicos que incluam análises de redes de interação, integridade ecológica e modelagem, a fim de identificar os impactos da mineração sobre os morcegos;
- ✚ A criação de campanhas de divulgação e oficinas que envolvam a comunidade e informem sobre a importância dos morcegos e das cavernas;
- ✚ O investimento em publicações científicas.

Não só, estratégias adicionais podem ser implementadas para auxiliar na conservação dos morcegos e dos habitats por eles utilizados. As Áreas Importantes para Conservação dos Morcegos (AICOMs) e os Sítios Importantes para a Conservação dos Morcegos (SICOMs), propostos pela *Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos* (RELCOM), têm sido uma ferramenta útil para a conservação de morcegos a partir da determinação de áreas e locais que devem ser protegidos.

As AICOMs contemplam áreas suficientes para que populações de uma ou mais espécies de morcegos consigam desenvolver suas atividades e se manter ao longo do tempo (por exemplo, um platô de canga que inclua cavernas utilizadas por uma ou mais espécies). As SICOMs são locais menores e mais pontuais (cavernas, por exemplo) (RELCOM, 2023). A proposição de uma AICOM ou SICOM se dá por meio de uma avaliação integrada, em nível regional, onde alguns critérios pré-determinados precisam ser cumpridos: *i) Critério 1.* a área contém espécies de interesse regional ou nacional para a conservação; *ii) Critério 2.* Contém refúgios utilizados por uma ou mais espécies de interesse para conservação; *iii) Critério 3.* A área contém uma grande riqueza de espécies, independentemente do seu nível de ameaça.

Para além das estratégias de conservação, é imprescindível que o Núcleo de Gestão Integrada ICMBio Carajás (NGI-Carajás) tenha uma equipe ou um comitê de Espeleologia, composto por profissionais espeleólogos e especialistas em áreas multidisciplinares, que possam orientar e auxiliar os gestores nas tomadas de decisão, bem como desenvolver e dar suporte em projetos que valorizem o patrimônio espeleológico de Carajás.

Enfim, uma combinação de ferramentas de conservação (aplicação correta da legislação, fiscalização adequada dos empreendimentos, proposição de AICOMs e SICOMs, aplicação de índices e testes ecológico, entre outros) com ampliação das áreas de amostragem, desenvolvimento de estudos de tendências populacionais (acompanhar os efeitos dos impactos antrópicos e climáticos nas populações de morcegos) e o monitoramento de longo prazo, além de uma equipe preparada para discutir sobre Espeleologia, podem ser eficazes para responder questões sobre o uso das cavernas por morcegos e, de fato, contribuir para a conservação de morcegos e cavernas (Barros; Bernard, 2023).

Terra verde, de chão vermelho e céu azul.
De beleza incomparável e cultura milenar.
De cavernas preciosas e bichos do ferro,
Que se escondem de dia e se “amostram” de noite.
Que cantam e contam,
Histórias impressas no escuro do desconhecido,
Que vêm à luz quando nos encontramos.
Ah, Karajá!
(D.F. Torres, 2023)

8 CONCLUSÕES

As comunidades de morcegos nas cavernas de Carajás se relacionam as condições ambientais, como temperatura e umidade relativa do ar. No cenário de áreas mineráveis, mudanças constantes das paisagens e alteração da qualidade dos habitats, também influenciam a composição das comunidades e o padrão de distribuição relativa das espécies, de modo que a dominância de algumas pode estar relacionada a degradação dos habitats. Por outro lado, a frequência e abundância de espécies com necessidades ambientais específicas, indicam que as cavidades de Carajás possuem condições favoráveis para o estabelecimento de suas colônias. Cavidades mais diversas e com colônias numerosas e permanentes, são essenciais ao *input* de nutrientes variados que atendem a uma gama maior de invertebrados; além de servirem como atributo básico para determinação de *bat caves*. De modo geral, conhecer a estruturação das comunidades é essencial para identificar suas relações funcionais, organizações sociais, bem como os quirópteros respondem às mudanças ambientais e como isso impacta os demais organismos a eles associados. Diante de fortes pressões econômicas e alto potencial biológico da região de Carajás, propomos que ferramentas de conservação sejam combinadas com a ampliação das áreas de amostragem, o desenvolvimento de estudos de tendências populacionais e monitoramento de longo prazo, além da formação de uma equipe preparada para discutir sobre Espeleologia no NGI-Carajás, a fim de responder questões sobre o uso das cavernas por morcegos e, de fato, contribuir para a conservação de morcegos e cavernas.

REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, Jorge; AGUAYO, Maurício. Leucistic South American sea lion in Chile, with a review of anomalously color in otterids. **Revista Biología Marina y Oceanografía**, v. 43, n. 2, p. 413-417, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572008000200017>
- AKMALI, Vahid; ABEDINI, Siavash; FARD, Zahra Malekpour. Bat fauna and conservation assessment of Kurdistan caves, Iran. **Subterranean Biology**, v. 42, p. 79-75, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/subtbiol.42.73282>
- ALVARADO, Omar Daniel Leon. **Uma análise de evidências totais dos morcegos loncofilídeos nectarívoros (Lonchophyllinae: Phyllostomidae), comparando dados morfológicos, moleculares e morfométricos**. 2021. 45 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2021.
- ALVAREZ, Javier; WILLIG, Michael J.; JR., Knox Jones; WEBSTER, David. *Glossophaga soricina*. **Mammalian Species**, v. 379, n. 6, p. 1-7, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3504146>
- AMORIM, Dalton de Souza. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. 1ª Edição. Ribeirão Preto: Holos Editora. 2002. 154p.

ANGELL, Ruth L.; BUTLIN, Rogerio K.; ALTRINGHAM, João D. Sexual segregation and flexible mating patterns in temperate bats. **PLoS One**, v. 8, n. 1, e54194, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054194>

ARITA, Héctor Takeshi. Rarity in Neotropical bats: correlations with phylogeny, diet, and body mass. **Ecological Applications**, v. 3, p. 506-517, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1941919>

ARITA, Héctor Takeshi. The conservation of cave-roosting bats in Yucatán, Mexico. **Biological Conservation**, v. 76, n. 2, p. 177-185, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00105-0](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00105-0)

ARITA, Héctor Takeshi.; VARGAS, J.A. Natural history, interspecific Association, and incidence of the caves bats Yucatán, Mexico. **The Southwestern Naturalist**, v. 40, n. 1, p. 29-37, 1995.

ARITA, Héctor Takeshi; FENTON, M. Brock. Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 2, p. 53-58, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(96\)10058-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(96)10058-6)

AULER, Augusto S.; PILO, Luis B. Introdução às cavernas em minério de ferro e canga. **O Carste**, v. 17, n. 3, p. 70-72, 2005.

ÁVILA-FLORES, Rafael; MEDELLÍN, Rodrigo A. Ecological, taxonomic, and physiological correlates of cave use by Mexican bats. **Journal of Mammalogy**, v. 85, n. 4, p. 675-687, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1644/BOS-127>

BARBIER, Eder; BERNARD, Enrico; DANTAS-TORRES, Filipe. Ecology of *Antricola* ticks in a bat cave in north-eastern Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 82, p. 255-264, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00544-9>

BARR, Thomas C.; HOLSINGER, John R. Speciation in cave faunas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, n. 1, p. 313-337, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.001525>

BARROS, Jennifer de Sousa. **Seleção e uso de cavernas por morcegos e suas implicações para a classificação de relevância destes ambientes**. 2022. 188 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2022.

BARROS, Jennifer de Sousa; BERNARD, Enrico. Big family, warm home, and lots of friends: *Pteronotus* large colonies affect species richness and occupation inside caves. **Biotropica**, v. 55, n. 3, p. 605-616. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/btp.13211>

BARROS, Jennifer de Sousa; BERNARD, Enrico; FERREIRA, Rodrigo Lopes. Ecological preferences of neotropical cave bats in roost site selection and their implications for conservation. **Basic and Applied Ecology**, v. 45, p. 31-41, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.03.007>

BARROS, Jennifer; BERNARD, Enrico. Species richness, occurrence and rarity of bats in Brazilian caves. **Austral Ecology**, v. 48, n. 8, p. 1481-2266, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/aec.13453>

BASELGA, Andrés. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, n. 1, p. 134-143, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>

BASELGA, Andrés. The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 12, p. 1223-1232, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>

BAT CONSERVATION INTERNATIONAL (BCI). Disponível em: <https://www.batcon.org/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BEJEC, Gilbert A.; BUCOL, Lilibeth; REIS, Tomas Jr.; REIZL, José; ANCOG, Agustín Barrete; PAGENTE, Alberto C.; RODRIGUEZ, Josie M.; BEJEC, Anna Lee N. Vulnerability Assessment of Cave Bats (Mammalia: Chiroptera) in Key Biodiversity Areas (KBAs) of Central Visayas, Philippines. **Asian Journal of Biodiversity**, v. 11, p. 17-34, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.7828/ajob.v11i1.1385>

BELTRÃO, Mayara Guimarães; ZEPPELINI, Caio Graco; FRACASSO, Maria Paula Aguiar; LOPEZ, Luiz Carlos Serramo. Bat inventory in a Caatinga area in Northeastern Brazil, with a new occurrence in the state of Paraíba. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 10, n. 1, p. 15-20, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4013/nbc.2015.101.03>

BERNARD, Enrico. Diet, activity and reproduction of bats species (Mammalia, Chiroptera) in Central Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 1, p. 173-188, 2002.

BERNARD, Enrico; AGUIAR, Ludmila M.S.; BRITO, Daniel; CRUZ-NETO, Arioaldo P.; GREGORIN, Renato; MACHADO, Ricardo B.; OPREA, Monik; PAGLIA, Adriano P.; TAVARES, Valeria da Cunha. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. In: FREITAS, Thales Renato Ochotoren de; VIEIRA, Emerson. **Mamíferos do Brasil: Genética, Sistemática, Ecologia e Conservação**. Vol. II. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, 2012. p. 19-35.

BERNARD, Enrico; FENTON, M. Brock. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 35, n. 2, p. 262-277, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00285.x>

BERNARD, Enrico; TAVARES, Valeria da Cunha; SAMPAIO, Erica. Compilação atualizada das espécies de morcegos (Chiroptera) para a Amazônia Brasileira. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 35-46. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032011000100003>

BEZERRA, Liliane et al. **Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários para pesquisa e diretrizes de ampliação do conhecimento sobre geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás e seu entorno**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2017. 82p.

BRADBURY, Jack W. Social organization and communication. In: WIMSATT, William. (ed.): **Biology of bats**. Volume 3. New York: Academic Press. 1977. p. 1-72.

BRADBURY, Jack W.; EMMONS, Louise H. Social organization in some Trinidad bats. I. Emballonuridae. **Z. Tierpsychol.** v. 36, p. 137-183, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1974.tb02130.x>

BRASIL. Presidência da República – Casa Civil. **Decreto s/nº, de 5 de junho de 2017**. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/parna-dos-campos-ferruginosos/arquivos/decreto_sn_de_5_de_junho_2017_cria_parna_dos-campos_ferruginosos.pdf. Acesso em: 29 jun. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto 6.486, de 2 de fevereiro de 1998**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2486.htm. Acesso em: 29 jun. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto 10.935, de 12 de janeiro de 2022**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.935-de-12-de-janeiro-de-2022-373591582>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BREDT, Angeika; PINNA, Fernanda Voietta; ESCALARTE-TAVARES, Fabricio. *Furipterus horrens* (F. Cuvier, 1828). In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, Volume II - Mamíferos**. Brasília: ICMBio, 2018. p.375-377.

BREDT, Angelica; SBRAGIA, Isabel, ESCALARTE-TAVARES, Fabricio; PINNA, Fernanda Voietta. *Natalus macrourus* (Gervais, 1856). In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, Volume II - Mamíferos**. Brasília: ICMBio. 2018, p.378-381.

BREDT, Angelica; UIEDA, Wilson; MAGALHÃES, Edvard Dias. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 731-770, 1999.

CALENTANO, Danielle; VERÍSSIMO, Adalberto. O avanço da fronteira na Amazônia: do boom ao colapso. **O Estado da Amazônia Indicadores**, v. 2, p. 1-46, 2007.

CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. 552p.

CARRIÓN-CABRERA, Johnsy. Identification and characterization of hot caves in Puerto Rico. In: International Congress of Speleology, 17th, 2017, Sydney, Austrália. **Proceedings of the 17th International Congress of Speleology**. Sydney, Austrália: International Union of Speleology, 2017, p. 71-75.

CARTER, Gerald G.; LOGSDON, Ryane; ARNOLD, Bryan D.; MENCHACA, Angelica; MEDELLIN, Rodrigo A. Adult vampire bats produce contact calls when isolated: acoustic variation by species, population, colony, and individual. **PLoS ONE**, v. 7, n. 6, p. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038791>

CASA DOS MORCEGOS (CDM). **Reprodução**. Disponível em: <https://casadosmorcegos.wordpress.com/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

Casa dos Morcegos (CDM). **Reprodução**. Disponível em: <https://casadosmorcegos.wordpress.com/biologia/reproducao/>. Acesso em: 08 de out. 2023.

Centro Nacional de pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro – 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro/anuario-estatistico-do-patrimonio-espeleologico-brasileiro>. Acesso em: 30 mar. 2023.

Centro Nacional de pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) – 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/canie>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CHRISTMAN, Mary C.; CULVER, David C. The relationship between cave biodiversity and available habitat. **Journal of Biogeography**, v. 28, n. 3, p. 367-380, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00549.x>

CLOUTIER, Danielle; THOMAS, Donald W. *Carollia perspicillata*. **Mammalia Species**, n. 417, p. 1-9, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3504157>

COCKRUM, E. Lendell. Homing, movements and longevity of bats. **Journal of Mammalogy**, v. 37, n.1, p. 48-57, 1956. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1375525>.

Conselho Federal de Biologia (CFBio). Resolução nº 301, de 8 de dezembro de 2012. Disponível em: <https://cfbio.gov.br/2012/12/28/resolucao-no-301-de-8-de-dezembro-de-2012/>. Acesso em: 18 ago. 2023.

Conselho Federal de Medicina Veterinária. Guia de Boas Práticas para a Eutanásia de Animais – Conceitos e Procedimentos Recomendados. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.cfmv.gov.br/guia-brasileiro-de-boas-praticas-para-a-eutanasia-em-animais/comunicacao/publicacoes/2020/08/03/#>. Acesso em: 09 jun. 2023.

CRAMER, Michael J.; WILLIG, Michael R.; JONES, Clyde. *Trachops cirrhosus*. **Mammalian Species**, v. 656, n. 23, p. 1-6, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1644/0.656.1>

CULVER, David C.; PIPAN, Tanja. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford: Oxford University Press, 2009. 256p.

CUNHA, Aline O.B.; BEZERRA, Jadson D.P.; OLIVEIRA, Thays G.L.; BARBIER, Eder; BERNARD, Enrico; MACHADO, Alexandre R.; SOUZA-MOTTA, Cristina M. Living in the dark: Bat caves as hotspots of fungal diversity. **PLoS ONE**, v. 15, n. 12, p. 1-24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243494>

DANTAS, Marcelo Eduardo. Origem das paisagens. In: JOÃO, Xafi da Silva Jorge; TEIXEIRA, Sheila Gatinho; FONSECA, Dianne Danielle Farias (Org.). **Geodiversidade do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013, p. 46-47.

DAVIS, Jillian S.; NICOLAY, Christopher W.; WILLIAMS, Susan H. A Comparative study of incisor procumbency and mandibular morphology in vampire bats. **Journal of Morphology**, v. 271, p. 853-862, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jmor.10840>

DE ARMAS, Luis F. La artropodofauna cavernícola de las Antillas Mayores. **Boletín de La Sociedad Entomológica Aragonesa**, n. 27, p. 134-138, 2000.

DE LA CRUZ, Jorge. Bioecología de las grutas de calor. **Mundos Subterráneos**, n. 3, p. 7-22, 1992.

DECU, Vasil. Some considerations on the bat guano synusia. **Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"**, v. 25, p. 41-41, 1986.

DESSEN, Eliana Maria Beluzzo; ESTON, V.R.; TEMPERINI-BECK, M.T.; TRAJANO, Eleonora. Levantamento preliminar da fauna de cavernas de algumas regiões do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 6, p. 714-725, 1980.

DÍAZ, Mônica M.; SOLARI, Sergio; GREGORIN, Renato; AGUIRRE, Luis F.; BARQUEZ, Rubén M. **Clave de Identificación de los Murciélagos Neotropicales**. Publicación Especial nº4. Tucumán, Argentina: Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina, 2021. 211p.

EISENBERG, Jonh F.; REDFORD, Kent H. **Mammals of the Neotropics, Volume 3, the Central Neotropics: Ecuador, Perú, Bolivia, Brazil**. Chicago: University of Chicago Press, 1999.

EMBRAPA – Amazônia Oriental. **Curso Básico de Abelhas Sem Ferrão. Como iniciar a criação de abelhas indígenas sem ferrão?** 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355163/39571288/Como+iniciar+a+cria%C3%A7%C3%A3o+de+abelhas+sem+ferr%C3%A3o+Roteiro+de+aula+te%C3%B3rica.pdf/96b8f4c2-cdfb-1aed-963b-bde57d52dc7a>.

Acesso em: 28 nov. 2023.

EMERSON, Justin K.; ROARK, Alison M. Composition of guano produced by frugivorous, sanguivorous, and insectivorous bats. **Acta Chiropterologica**, v. 9, n. 1, p. 261-267, 2007. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.3161/1733-5329\(2007\)9\[261:COGPBF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3161/1733-5329(2007)9[261:COGPBF]2.0.CO;2)

FALCÃO, Fábio; UGARTE-NÚÑEZB, Joaquín A.; FARIAAC, Deborah; CASELLI, Christini B. Bioacoustics: Unravelling the calls of discrete hunters: acoustic structure of echolocation calls of furipterid bats (Chiroptera, Furipteridae). **The International Journal of Animal Sound and its Recording**, v. 5153, n. 2, p. 175-183. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09524622.2015.1017840>

FENTON, M.B.; KUNZ, Thomas, H. Movements and behavior. In: BAKER, Robert J.; JONES Knox Jr.; CARTER, Dillard C. **Biology of bats of the new world family Phyllostomidae – Part 1**. Texas: Texas Tech Press, 1976, p. 351-364.

FERREIRA, Rodrigo Lopes; MARTINS, R.P. Trophic structure and natural history of bat guano invertebrate communities, with special reference to Brazilian caves. **Tropical Zoology**, v. 12, n. 2, p. 231-252, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03946975.1999.10539391>

FERREYRA-GARCÍA, Daniel; SALDAÑA-VÁZQUEZ, Romeo Alberto; SCHONDUBE, Jorge E. La estacionalidad climática no afecta la fenología de murciélagos cavernícolas con dieta omnívora. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 89, p. 1-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2016>

FLEMING, Theodore H. **The short-tailed fruit bat: a study in plant animal interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1988. 365p.

FLEMING, Theodore H.; HOOPER, Emmet; WILSON, Don E. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. **Ecology**, v. 53, n. 4, p. 555-569, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1934771>

GARBINO, Guilherme Siniciato Terra; GREGORIN, Renato; LIMA, Isaac Passos de; LOUREIRO, L.; MORAS, Ligiane; MORATELLI, Ricardo; NOGUEIRA, M.R.; PAVAN, Ana Carolina; TAVARES, Valeria da Cunha; NASCIMENTO, M.C.; NOVAES, Roberto Leonan M.; PERACCHI, Adriano Lucio. 2022. **Updated checklist of Brazilian bats: versão 2020**. Comitê da Lista de Morcegos do Brasil - CLMB. Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (Sbeq). Disponível em: <https://www.sbeq.net/lista-de-especies>. Acesso em: 16 jun. 2023.

GINET, René; DECOU, Vasile. **Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines**. Paris: Jean Pierre Delarge, 1977. 345p.

GIRAL, Gloria E.; ALBERICO, Michael S.; ALVARÉ, Luz Marina. Reproduction and social organization in *Pteropus kappleri* (Chiroptera, Emballonuridae) in Colombia. **Bonner zoologische Beiträge**, v. 42, n.3-4, p. 225-236, 1991.

GNASPINI, Pedro. Bat guano ecosystems: a new classification and some considerations with special references to Neotropical data. **Mémoires de Biospéologie**, Tome XIX, p. 135-138, 1992.

GNASPINI, Pedro; TRAJANO, Eleonora. Guano communities in tropical cave. Case study: Brazilian caves. In: WILKENS, Horst; CULVER, David C.; HUMPHREYS, William F. **Ecosystems of the World - Subterranean Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2000, p. 251-268.

GNASPINI-NETTO, Pedro. Análise comparativa da fauna associada a depósitos de guano de morcegos cavernícolas no Brasil. Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 33, n. 2, p. 183-192, 1989.

GOODWIN, George Gilbert; GREENHALL, Arthur Merwin. Review of the bats of Trinidad and Tobago. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 122, p. 187-302, 1961.

GREENHALL, Arthur M.; SCHMIDT, Uwe; JOERMANN, Gerhard. *Diphylla ecaudata*. Mammalia Species, n. 227, p. 1-4, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3504022>

GRIFFIN, Donald R. Migrations and homing of bats. In: WIMSATT, William A. **Biology of bats**. New York: Academic Press, 1970, p. 233-266.

HALL, Raymond E; DALQUEST, Walter Woelber. The mammals of Veracruz. **Publications University of Kansas, Museum of Natural History**, v. 14, p. 165-362, 1963. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1380295>

HANDLEY, Charles O. Mammals of the Smithsonian Venezuelan project. **Brigham Young University Science Bulletin**, v. 20, n. 5, p. 1-89, 1976.

HARDT, Rubens; RODET, Joel; PINTO, Sérgio dos Anjos Ferreira. O Carste: produto de uma evolução ou processo? Evolução de um conceito. **Revista de Geografia**, v. especial, n. 3, p. 100-111, 2010.

HERD, Robert M. *Pteronotus parnellii*. **Mammalian Species**, n. 209, p. 1-5, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3503910>

HILL, John E.; SMITH, James Dale. **Bats, a natural history**. London: Natural History Museum, 1984.

HOWARTH, Francis G. Ecology of cave arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 28, n. 1, p. 365-389, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.28.010183.002053>

HOWELL, David J. Weight in loss and temperature regulation clustered versus individual *Glossophaga soricina*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 53, n. 2, p. 197-199, 1976. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0300-9629\(76\)80055-2](https://doi.org/10.1016/S0300-9629(76)80055-2)

HUMPHREY, Stephen R. Nursery roosts and community diversity of Nearctic bats. **Journal of Mammalogy**, v. 56, p. 321-346, 1975. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1379364>.

HUMPHREY, Stephen R.; BONACCORSO, Frank J. Population and community ecology. In: BAKER; JONES; CARTER (Eds.). **Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae**. Texas Tech University: The Museum, 1979.

HUMPHREY, Stephen R.; OLI, Madan K. Population dynamics and site fidelity of the cave bat, *Myotis velifer*, in Oklahoma. **Journal of Mammalogy**, v. 96, n. 5, p. 946-956, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyv095>.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Carajás: Volume I – Diagnóstico**. Brasília: ICMBio, 2016. 2020p.

ITO, Fernanda; LILLEY, Thomas; TWORT, Victoria; BERNARD, Enrico. High genetic connectivity among large populations of *Pteronotus gymnonotus* in bat caves in Brazil and its implications for conservation. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 1-11, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.934633>

JOÃO, Xafi da Silva Jorge (a). Arcabouço geológico – Tectônico e implicações metalogenéticas. In: JOÃO, Xafi da Silva Jorge; TEIXEIRA, Sheila Gatinho; FONSECA, Dianne Danielle Farias (Org.). **Geodiversidade do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013, p. 18.

JOÃO, Xafi da Silva Jorge (b). Panorama dos recursos minerais metálicos e não metálicos. In: JOÃO, Xafi da Silva Jorge; TEIXEIRA, Sheila Gatinho; FONSECA, Dianne Danielle Farias (Org.). **Geodiversidade do estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013, p. 93.

JONES, J. Knox. **Bats from Guatemala**. University of Kansas Publications: Museum of Natural History, v. 16, n. 5, p. 439-472, 1966.

JUBERTHIE, Christian. 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. In: WILKENS, Horst; CULVER, David C.; HUMPHREYS, William F. (Eds.). **Ecosystems of the World: Subterranean Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Science, 2000, p. 17-39.

KÖPPEN, Wilhelm. **Climatología: com um estúdio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.

KUNZ, Thomas H. Roosting Ecology of bats. In: KUNZ, Thomas H. **Ecology of Bats**. New York: Plenum, 1982, p. 1-55.

KUNZ, Thomas H.; PIERSON, Elizabeth D. Bats of the world: an introduction. In: NOWAK, Ronald M. **Walker's bats of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1994. p.1-46.

LADLE, Richard James; FIRMINO, João V.L.; MALHADO, Ana Claudia Mendes; RODRÍGUEZ-DURAN, Armando. Unexplored diversity and conservation potential of neotropical hot caves. **Conservation Biology**, v. 26, n. 6, p. 978-982, 2012.

LAURANCE, William F.; COCHRANE, Mark A.; BERGEN, Scott; FEARNSSIDE, Philip M.; DELAMÔNICA, Patricia; BARBER, Christopher; D'ANGELO, Sammya; FERNANDES, Tito. The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, n. 5503, p. 438-439, 2001. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3657182>

LEGENDRE, Pierre; LEGENDRE, Louis. **Numerical Ecology**. Montréal: Département de Biologie, Université de Montréal, 1998. 870p.

LEMOS, Túlio Henrique; TAVARES, Valeria da Cunha; MORAS, Ligiane Martins. Character variation and taxonomy of short-tailed fruit bats from *Carollia* in Brazil. **Zoologia**, n. 37, p. 1-7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e34587>

LIM, Burton K.; Lee Jr., Thomas E. Community ecology and phylogeography of bats in the Guianan Savannas of Northern South America. **Diversity**, v. 10, n. 4, p. 1-15. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/d10040129>

LIZARRO, Dennis; AGUIRRE, Luis F.; PEREZ-ZUBIETA, Jose Carlos; VARGAS, Aideé; GALARZA, Maria Isabel. Characterization of caves as bat roosts in the brazilian-paranense biogeographic region of Bolivia. **Therya**, v. 11, n. 3, p. 390-397, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.12933/therya-20-1008>

- LÓPEZ-AGUIRRE, Camilo; MÃO, Suzanne J.; KOYABU, Daisuke Bucchi; FILHO, Nguyen Truong; WILSON, Laura A.B. Postcranial heterochrony, modularity, integration and disparity in the prenatal ossification in bats (Chiroptera). **BMC Evolutionary Biology**, v. 19, n. 1, p. 1-17, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1396-1>
- LÓPEZ-WILCHIS, Ricardo; TORRES-FLORES, José Williams; ARROYO-CABRALES, Joaquín. *Natalus mexicanus* (Chiroptera: Natalidae). **Mammalian Species**, v. 52, n. 989, p. 27-39, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mspecies/seaa002>
- MARCIENE, Rodrigo; CALOURO, Armando M. Mammalia, Chiroptera, Phyllostomidae, *Lamproncycteris brachyotis* (Dobson, 1879): first record in Acre, Brazil. **Check List**, v. 5, n. 4, p. 886-889, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.15560/5.4.886>
- MARGARIDO, T.C.C.; BRAGA, F.G. Mamíferos. In: MIKICH, S.B.; BÉRNILS, R.S. (Eds.). **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 2004, p. 27-142.
- MARÍN, Alcides Sampedro; TORRES-FUNDORA, Orlando; DE LA OSA, Alberto Valdéz. Observaciones ecológicas y etológicas sobre las especies de murciélagos dominantes em las “cuevas calientes” de Cuba. **Poeyana**, n. 160, p. 1-18, 1977.
- MARQUES, Suely Aparecida. Novos registros de morcegos do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), com observações do período de atividade noturna e reprodução. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 1, n. 2, p. 71-83, 1985.
- MARTINS, Frederico Drumond; ESTEVES, Edilson; REIS, Marcelo Lima; COSTA, Fabiano Gumier. Ações para conservação. In: MARTINS, Frederico Drumond; CASTILHO, Alexandre Franco; CAMPOS, Jackson; HATANO, Fernanda Martins; ROLIM, Samir Gonçalves (Org.). **Fauna da Floresta Nacional de Carajás – Estudos Sobre Vertebrados Terrestres**. São Paulo: Nitro Imagens, 2012, p.196-229.
- MCWILLIAM, Andrew N. The reproductive and social biology of *Coleura afra* in a seasonal environment. In: FENTON, Michael Brock; RACEY, Paul A.; RAYNER, Jeremy (Eds.). **Recent advances in the study of bats**. Cambridge: University Press, 1987, p. 324-350.
- MEDELLÍN, Rodrigo A.; WIEDERHOLT, Ruscena; LOPEZ-HOFFMAN, Laura. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. **Biological Conservation**, v. 211, p. 45-50, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.012>
- MEDELLÍN, Rodrigo; WILSON, Don E.; NAVARRO, Daniel L. *Micronycteris brachyotis*. **Mammalian Species**, v. 251, p. 1-4, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3503912>
- MELLO, Marco A.R.; KALKO, Elisabeth K.V.; SILVA, Wesley R. Ambient temperature is more important than food availability in explaining reproductive timing of the bat *Sturnira lilium* (Mammalia: Chiroptera) in a montane Atlantic Forest. **Canadian Journal of Zoology**, v. 87, p. 239-245, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1139/Z09-010>
- MENAKER, Michael. Hibernation-hypothermia: an annual cycle of response to low temperature in the bat *Myotis lucifugus*. **Journal of Cellular and Comparative Physiology**, v. 59, p. 163-173, 1962. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jcp.1030590209>
- MEYER, Christoph Friedrich Johannes; AGUIAR, Ludmilla M.S.; AGUIRRE, Luís F.; BAUMGARTEN, Júlio; CLARKE, Frank M.; COSSON, Jean-François; VILLEGAS, Sérgio Estrada; FAHR, Jakob; FARIA, Débora; FUREY, Neil; MICKAËL, Henrique; HODGKISON,

Robert; JENKINS, Ricardo K.B.; JUNG, Kirsten G.; KINGSTON, Tigga; KUNZ, Tomás H.; GONZALEZ, M. Cristina MacSwiney; MOYA, Isabel; PONS, Jean-Marc; CORRIDA, Paulo A.; KALKO, Elisabeth K.V. Long-term monitoring of tropical bats for anthropogenic impact assessment: Gauging the statistical power to detect population change. **Biological Conservation**, v. 143, n. 11, p. 2797-2807, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.07.029>.

MIRANDA, João M.D.; RUBIO, Marcelo B.G. Ampliação da distribuição de *Phyllostomus latifolius* (Thomas, 1901) para o sul da Amazônia, Mato Grosso, Brasil (Chiroptera: Phyllostomidae). **Chiroptera Neotropical**, v. 17, p. 1013-1016, 2011.

MITCHELL, G. Clay. Population study of the funnel-eared bat (*Natalus stramineus*) in Sonora. **Southwestern Naturalist**, v. 12, p. 172-175, 1976. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3669271>

MONKS, Joanne M.; O'DONNELL, Colin F.J. Social implications of a colony collapse in a highly structure vertebrate species (long-tailed bat, *Chalinolobus tuberculatus*). **Animal Conservation**, v. 20, n. 4, p. 1-10, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/acv.12324>

MORALES, Saul Aguilar; CASTILLO Ada Alicia Ruiz. **Una comunidade de murciélagos em uma “cueva de calor” como fator determinante en el sostenimiento de la diversidad animal cavernicola**. 1995. 72 f. Tese conjunta (Doutorado em Biologia) – Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, México, 1995.

MOURA, Vitor Marcos Aguiar; RESENDE, Luciana de; BICHUETTE, Maria Elina. Perspectivas de proteção ambiental na Serra do Ramalho. **O Carste**, v. 20, n. 2, p. 76-81, 2008.

NAVA, Santiago; VENZAL, Jose M.; TERASSINI, Flavio A.; MANGOLD, Atilio J.; CAMARGO, Luis Marcelo A.; LABRUNA, Marcelo B. Description of a new argasid tick (Acari: Ixodida) from bat caves in Brazilian Amazon. **The Journal of Parasitology**, v. 96, n. 6, p. 1089-1101, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1645/GE-2539.1>

NOWAK, Ronald M. **Walker's bats of the world**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994. 287p.

OLÍMPIO, Ana Priscila Medeiros; VENTURA, Marcelo Cardoso da Silva; MASCARENHAS, Márcia de Jesus Oliveira; NASCIMENTO, Daiane; ANDRADE, Fernanda Atanaena Gonçalves de; FRAGA, Elmary; BARROS, Maria Claudene. Bat fauna of the Cerrado savanna of eastern Maranhão, Brazil, with new species occurrences. **Biota Neotropica**, v. 16, n. 3, p. 1-6, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2015-0089>

OPREA, Monik; AGUILLAR, Ludmilla A.S.; WILSON, Don E. *Anoura caudifer* (Chiroptera: Phyllostomidae). **Mammalia Species**, n. 844, p. 1-8, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1644/844.1>

ORTEGA, Jorge; ALARCÓN-D, Ivan. *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae). **Mammalia Species**, v. 818, p. 1-7, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1644/818.1>

OTÁLORA-ARDILA, Aída; TORRES, Jaire Marinho; BARBIER, Eder; PIMENTEL, Narjara; LEAL, Edson Silva Barbosa; BERNARD, Enrico. Thermally-assisted monitoring of bat abundance in an exceptional cave in Brazil's Caatinga drylands. **Acta Chiropterologica**, v.21, n. 2, p. 411-423, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2019.21.2.016>

PACHECO, Susi Missel; SODRÉ Miriam, Martos; MELLO, Marco Aurélio Ribeiro; MARQUES, Rosa Vera; UIEDA, Wilson; AGUIAR, Ludmila Moura de Souza; PASSOS,

Fernando Carvalho; TRAJANO, Eleonora; BREDET Angelika. 2009. Chiroptera. In: ROCHA, Rosana Moreira da; BORGES Walter Antonio. **Estado da arte e perspectivas para a Zoologia no Brasil**. Congresso Brasileiro de Zoologia, Sociedade Brasileira de Zoologia. Curitiba: Editora UFPR, 2009, 269p.

PAVAN, Ana Carolina D'Oliveira. **Sistemática e história evolutiva do gênero de morcegos neotropical *Pteronotus* (Chiroptera: Mormoopidae)**. 2014. 219 f. Tese (Doutorado em Genética e Evolução) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PAVAN, Ana Carolina; BOBROWIEC, Paulo E. D.; PERCEQUILLO, Alexandre R. Geographic variation in a South American clade of mormoopid bats, *Pteronotus* (*Phyllodia*), with description of a new species. **Journal of Mammalogy**, v. 99, n. 3, p. 624-645, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy048>

PAVAN, Ana Carolina; TAVARES, Valeria da Cunha. *Pteronotus gymnonotus* (Chiroptera: Mormoopidae). **Mammalia Species**, v. 52, p. 40-48, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/mspecies/seaa003>

PECK, Stewart; RUIZ-BALIÚ, Amador; GONZALÉZ, Gabriel F. Garcés. The cave inhabiting beetles of Cuba (Insecta: Coleoptera): diversity, distribution and ecology. **Journal of Caves and Karst Studies**, v. 60, n. 3, p. 156-165, 1998.

PEEL, Murray C.; FINLAYSON, Brian L.; MCMAHON, Thomas. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007. Disponível em: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/>

PEREIRA, Mariane Soares Ribeiro; REIS, Aline da Silva, TAVARES, Valeria da Cunha. Morcegos. In: ZAMPAULO, Robson A.; PROUS, Xavier (Org.). **Fauna cavernícola do Brasil**. Belo Horizonte: Rupestre, 2022, p. 547-569.

PEREIRA, Mayara L.S.; CARVALHO, João; LIMA, Joenny M.S.; BARBIER, Eder; BERNARD, Enrico; BEZERRA, Jadson; SOUZA-MOTTA, Cristina Maria de. Richness of *Cladosporium* in a tropical bat cave with the description of two new species. **Mycological Progress**, v. 21, p. 345-357, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01760-2>

PHELPS, Kendra; REIZL, José; LABONITA, Marina; KINGSTON, Tigga. Correlates of cave-roosting bat diversity as an effective tool to identify priority caves. **Biological Conservation**, v. 201, p. 201-209, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.023>

PILO, Luis Beethoven; CALUX, Allan; SCHERER, Rafael; BERNARD, Enrico. Bats as ecosystem engineers in iron ore caves in the Carajás National Forest, Brazilian Amazonia. **PLoS ONE**, v. 18, n. 5, p. 1-45, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0267870>

PIMENTEL, Narjara Tércia. **A contribuição dos morcegos no input de energia na forma de guano para bat caves no semiárido nordestino**. 2021. 123 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

PINE, Ronald H. **The bats of the genus *Carollia***. The Texas Agricultural Experiment Station: Technical Monograph, 1972. 125p.

PORTER, Fran L. Social behavior in the leaf-nosed bat, *Carollia perspicillata*. **Zeitschrift fur Tierpsychologie**, v. 49, p. 406-417, 1979.

POULSON, Thomas L. Bat guano ecosystems. **The National Speleological Society Bulletins**, v. 31, n. 2, p. 55-59, 1972.

POULSON, Thomas L.; LAVOIE, Kathleen H. The trophic basis of subsurface ecosystems. In: WILKENS, Horst; CULVER, David C.; HUMPHREYS, William F. (Eds.). **Ecosystems of the World: Subterranean Ecosystems**. Amsterdam: Elsevier Science, 2000. p. 231-249.

POULSON, Thomas L.; WHITE, William B. The cave environment. **Science**, v. 165, n. 3897, p. 971-980, 1969. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.165.3897.971>

QUIBOD, Ninã Regina M.; ALVIOLA, Filipe A.; GUIA, Ana Paulina O. de; CUEVAS, Virgínia C.; LIT JR., Ireneu L.; PASION, Bonifácio O. Diversity and threats to cave-dwelling bats in a small island in the southern Philippines. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 12, p. 481-487, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.japb.2019.06.001>

RAMÍREZ-PULIDO, Jose; GALINDO-GALINDO, Cristóbal; CASTRO-CAMPILLO, Alondra; SALAME-MÉNDEZ, Arturo; ARMELLA, Miguel Angel. Colony size fluctuation of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) and temperature characterization in a Mexican cave. **Southwestern Naturalist**, v. 46, p. 358-409, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3672433>

RED LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS MURCIÉLAGOS (RELCOM). Disponível em: <https://www.relcomlatinoamerica.net/%C2%BFqu%C3%A9-hacemos/conservacion/aicoms-sicoms.html>. Acesso em: 29 nov. 2023.

REIS, Nélío Roberto dos; PERACCHI, Adriano Lúcio; PEDRO, Wagner André; LIMA, Isaac Passos de. **Morcegos do Brasil**. Londrina: Nélío Roberto dos Reis, 2007. 253p.

REIS, Nélío Roberto; PERACCHI, Adriano Lúcio. Quirópteros da região de Manaus, Amazonas, Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 3, p. 161-182, 1987.

ROCHA, Patrício A.; PEDROSO, Mônica A.; FEIJÓ, Anderson; FILHO, Newton Gurgel, CAMPOS, Bruno A.T.P.; FERRARI, Stephen F. Update on the distribution of *Diphylla ecaudata* Spix, 1823 (Mammalia, Chiroptera): New records from the Brazilian northeast. **Check List**, v. 10, n. 6, p. 1541-1545, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15560/10.6.1541>

RODRÍGUEZ-DURÁN, Armando. Bat assemblages in the West Indies: the role of caves. In: FLEMING, Theodore H.; RACEY, Paul A. **Island bats: Evolution, Ecology and Conservation**. Chicago: University of Chicago Press, 2010. p.265-280.

RODRÍGUEZ-DURÁN, Armando. Metabolic rates and thermal conductance in four species of neotropical bats roosting in hot caves. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 110A, n. 4, p. 347-355, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)00174-r](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)00174-r)

RODRÍGUEZ-DURÁN, Armando. Nonrandom aggregations of cave-dwelling bats in Puerto Rico. **Journal of Mammalogy**, v. 79, n. 1, p. 141-146, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1382848>

RODRÍGUEZ-DURÁN, Armando; SOTO-CENTENO, J. Angel. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. **Journal of Thermal Biology**, v. 28, n. 6, p. 465-468, 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4565\(03\)00046-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-4565(03)00046-9)

ROLSTON, Holmes. **A new environment ethics: the next millennium for life on Earth**. Routledge, 2012, 244p.

SALDAÑA-VÁZQUEZ, Romeo A.; ORTEGA, Jorge; GUERRERO, José Antonio; AIZA-REYNOSO, Maria Isabel; MACSWINEY, Maria Cristina G.; AGUILAR-RODRÍGUEZ, Pedro A.; AYALA-BERDON, Jorge; ZAMORA-GUTIERREZ, Veronica. Ambient temperature drives sex ratio and presence of pregnant females of *Anoura geoffroyi* (Phyllostomidae) bats living in temperate forests. **Journal of Mammalogy**, v. 20, n. 10, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz186>

SALGADO, Simone Soares. **Invertebrados associados a guano de morcegos em cavernas do Distrito Federal**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SAMPAIO, Erica M.; KALKO, Elisabeth K.V.; BERNARD, Enrico; RODRIGUÉZ-HERRERA, Bernal; HANDELY Charles O. A biodiversity assement of bats (Chiroptera) in a tropical lowland ainforestf central Amazonia, including methodological nd conservation considerations. **Studies on Neotropical Fauna and Enviroment**, v. 38, n. 1, p. 17-31, 2003.

SANBORN, Colin Campbell. **American bats of the subfamily Emballonurinae**. Field Museum of Natural History, v. 20, p. 321-354, 1973.

SANCHEZ-HERNANDEZ, Cornelio; ROMERO-ALMARAZ, María de Lourdes. **Murciélagos de Tabasco y Campeche una propuesta para su conservación**. Universidad Nacional Autonoma de Mexico: Cuadernos, v. 24, p. 1-215, 1995.

SANTOS, Tamily Carvalho Melo dos; LOPES, Gerson Paulino. First record of *Diphylla ecaudata* Spix, 1823 (Phyllostomidae, Desmodontinae) for the state of Amazonas, and update on species distribution in Brazil. **Chiroptera Neotropical**, v. 21, n. 2, p. 1347-1354, 2015.

SBRAGIA, Isabel A.; CARDOSO, Aloísio. Quiroptero fauna (Mammalia: Chiroptera) cavernícola da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Chiroptera Neotropical**, v. 14, p. 360, 2008.

SCHEFFER, Karin Corrêa; DE BARROS, Rodrigo Fernandes; IAMAMOTO, Keila; MORI, Enio; ASANO, Karen Miyuki, ACHKAR, Samira M.; GARCÍA, Andrea Isabel Estevez; LIMA, Jonas Yoshitaka de Oliveira; FAHL, Willian de Oliveira. *Diphylla ecaudata* y *Diaemus youngi*, *biología y comportamiento*. **Acta Zoologia Mexicana**, v. 31, n. 3, p. 436-445, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.21829/azm.2015.3131047>

SILVA, Fernando Rodrigues; GONÇALVES-SOUZA, Thiago; PATERNO, Gustavo Brant; PROVETE, Diogo Borges; VANCINE, Maurício. **Análises Ecológicas no R**. São Paulo: NUPEEA, 2022. 640p.

SILVA, Liriann Chrisley N. da; VIEIRA, Thiago Bernardi; OLIVEIRA, Andressa S.Q.A.; MENDES, Poliana; PEIXOTO, Franciele P.; OPREA, Monik; AGUIAR, Ludmilla Moura de Souza. Bat species of a karstic region in the Brazilian savanna and extension of the *Hsunitycteris thomasi* (Phyllostomidae: Lonchophyllinae) distribution. **Mammalia**, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/mammalia-2021-0019>

SILVA-TABOADA, Gilberto. Algunos aspectos de la selección de hábitat en el murciélago *Phyllonycteris poeyi* Gundlach en Peters, 1861 (Mammalia: Chiroptera). **Poeyana**, v. 168, p. 1-10, 1977.

SILVA-TABOADA, Gilberto. **Los murciélagos de Cuba**. La Habana: Editorial de la Academia de Ciencias de Cuba, 1979. 423p.

SOUZA, Jasciene Kraemer de; SOUZA, Ricardo Firmino de; SILVA, Joaquim Manoel da; FARIA, Karina de Cassia. Citogenética e morfometria com morcegos dos gêneros *Phyllostomus* e *Phylloderma*. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 8, p. 55392-55411, 2022.

TAVARES, Valeria da Cunha; PALMUTI, Cesar Felipe S.; GREGORIN, Renato; DORNAS, Tiago T. Morcegos. In: MARTINS, Frederico Drumond; CASTILHO, Alexandre Franco; CAMPOS, Jackson; HATANO, Fernanda Martins; ROLIM, Samir Gonçalves (Org.). **Fauna da Floresta Nacional de Carajás – Estudos Sobre Vertebrados Terrestres**. São Paulo: Nitro Imagens, 2012, p.163-179.

TEJEDOR, Adrian; SILVA-TABOADA, Gilberto; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, Dialvys. Discovery of extant *Natalus major* (Chiroptera: Natalidae) in Cuba. **Mammalian Biology**, v. 69, n. 3., p. 153-162, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1078/1616-5047-00130>

TEJEDOR, Adrian; TAVARES, Valeria da Cunha; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, Dialvys. New records of hot-cave bats from Cuba and the Dominican Republic. **Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología**, v. 39, p. 10-15, 2005.

TÉLLEZ, Héctor Leonel Ayala; DÁVALOS, Luis Ignacio Iñiguez; OLVERA-VARGAS, Miguel; CONTRERAS, Jorge A. Vargas; HERRERA-LIZAOLA, Oralia Araceli. Bats associated to caves in Jalisco, Mexico. **Therya**, v. 9, n. 1, p. 29-40, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.12933/therya-18-548>

THIES, Wibke; KALKO, Elisabeth K.V.; SCHNITZLER, Hans-Ulrich. INFLUENCE OF Environment and resource availability on activity patterns of *Carollia castanea* (Phyllostomidae) in Panama. **Journal of Mammalogy**, v. 87, n. 2, p. 331-338, 2006. Disponível: <https://doi.org/10.1644/05-MAMM-A-161R1.1>

TILMAN, David; KNOPS, Johannes; WEDIN, David A.; REICH, Peter B. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. **Science**, v. 277, n. 5330, p. 1300-1302. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5330.1300>

TORRES, Dayana Ferreira Torres; BICHUETTE, Maria Elina. A importância do guano de morcegos para a manutenção das comunidades subterrâneas: estudo de caso para cavernas da Bahia, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Zoologia, 33º, 2020, Águas de Lindóia-SP. **Anais do 33º Congresso Brasileiro de Zoologia**. Águas de Lindóia-SP: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2020, p. 376.

TORRES, Dayana Ferreira; BICHUETTE, Maria Elina (a). Morcegos cavernícolas depositados na Coleção Científica do Laboratório de Estudos Subterrâneos, UFSCar. **Espeleo-Tema**, v. 29, n. 1, p. 105-119, 2019.

TORRES, Dayana Ferreira; BICHUETTE, Maria Elina (b). Quiropteroфаuna cavernícola do estado da Bahia, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Espeleologia, 35º, 2019, Bonito-MS. **Anais do 35º Congresso Brasileiro de Espeleologia**. Bonito-MS: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2019, p. 790-797.

TORRES, Jaire Marinho. **Biomonitoramento de uma grande congregação de morcegos no Parque Nacional do Catimbau, Pernambuco**. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

TORRES-FLORES, Jose Williams. **Dinámica poblacional, patrón reproductivo, dieta, selección de condiciones microclimáticas y hábitos de percha de *Natalus mexicanus***

(**Chiroptera: Natalidae**) en la parte central de Colima, México. 2013. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas e da Saúde) – Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2013.

TORRES-FLORES, José Williams; LÓPEZ-WILCHIS, Ricardo. Condiciones microclimáticas, hábitos de percha y especies asociadas a los refugios de *Natalus stramineus* en México. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. 1, p. 191-213, 2010. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.261687>

TORRES-FLORES, José Williams; LÓPEZ-WILCHIS, Ricardo; SOTO-CASTRUITA, Aleandro. Dinámica poblacional, selección de sitios de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. **Revista de Biología Tropical**, v. 60, p. 1369-1389, 2012. Disponível em: <https://DOI:10.15517/rbt.v60i3.1814>

TRAJANO, Eleonora. Cave fauna in the Atlantic Tropical rain Forest: composition, ecology and conservation. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 882-893, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00626.x>

TRAJANO, Eleonora. Ecologia de populações de morcegos cavernícolas em uma região cárstica do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo v. 2, n. 5, p. 255-320, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81751984000100001>

TRAJANO, Eleonora. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 3, n. 8, p. 533-561, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81751990000300017>

TRAJANO, Eleonora. 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. 121-129, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2388777>

TRAJANO, Eleonora. Nota sobre os cavernícolas da província espeleológica do Bambuí. **Espeleo-Tema**, v. 16, p. 95-101, 1992.

TRAJANO, Eleonora. **Padrões de distribuição e movimentos de morcegos cavernícolas no Vale do Alto Ribeira de Iguape, São Paulo**. 1981. 202 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

TRAJANO, Eleonora. Protecting caves for the bats or bats for the caves? **Chiroptera Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 19-21, 1995.

TRAJANO, Eleonora; BESSI, Regina. A classificação Schiner-Racovitza dos organismos subterrâneos: uma análise crítica, dificuldades para aplicação e implicações para conservação. **Espeleo-Tema**, v. 28, n. 1, p. 87-102, 2017. Disponível em: <https://www.cavernas.org.br/espeleo-tema/v-28-n-1-2017/>

TRAJANO, Eleonora; BICHUETTE, Maria Elina. **Biologia Subterrânea**. São Paulo: Redespeleo, 2006. 90p.

TRAJANO, Eleonora; BICHUETTE, Maria Elina. Relevância de cavernas: porque estudos ambientais espeleobiológicos não funcionam. **Espeleo-Tema**, v. 21, p. 105-112, 2010.

TRAJANO, Eleonora; GIMENEZ, Eliana do Amaral. Bat community in a cave from eastern Brazil, including a new record of *Lionycteris* (Phyllostomidae, Glossophaginae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 33, n. 2-3, p. 69-75, 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1076/snfe.33.2.69.2156>

TRAJANO, Eleonora; GNASPINI-NETTO, Pedro. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 7, n. 3, p. 383-407, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81751990000300017>

TRAJANO, Eleonora; MOREIRA, José Roberto de Alencar. Estudo da fauna de cavernas da província espeleológica arenítica Altamira-Itaituba, Pará. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 51, n. 1, p. 13-29, 1991.

TSAGKOGEOGA, Georgia; PARKER, Joe; STUPKA, Elia; COTTON, James A.; ROSSITE, Stephen J. Phylogenomic analyses elucidate the evolutionary relationships of bats. **Current Biology**, v. 23, n. 22, p. 2262-2267, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.014>

UIEDA, Wilson; SAZIMA, Ivan; FILHO, Atilio Storti. Aspectos da biologia do morcego *Furipterus horrens* (Mammalia, Chiroptera, Furipteridae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 40, n. 1, p. 59-66, 1980.

VARGAS-MENA, Juan Carlos; ALVES-PEREIRA, Kleytone; BARROS, Marília Abero Sá; BARBIER, Eder; CORDERO-SCHMIDT, Eugenia; LIMA, Sergio Maia Queiroz; RODRÍGUEZ-HERRERA, Bernal; VENTICINQUE, Eduardo Martins. The bats of Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 2, p. 1-13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2017-0417>

VARGAS-MENA, Juan Carlos; CORDERO-SCHMIDT, Eugenia; RODRIGUEZ-HERRERA, Bernal; MEDELLÍN, Rodrigo A.; BENTO, Diego; VENTICINQUE, Eduardo M. Inside or out? Cave size and landscape effects on cave-roosting bat assemblages in Brazilian Caatinga caves. **Journal of Mammalogy**, v. 101, n. 2, p. 464-475, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz206>

VELAZCO, Paúl M.; SOTO-CENTENO, J. Angel; FLECK, David W.; VOSS, Robert S.; SIMMONS, Nancy B. A new species of nectar-feeding bat of the genus *Hsunitycteris* (Phyllostomidae: Lonchophyllinae) from northeastern Peru. **American Museum Novitates**, v. 3881, p. 1-26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1206/3881.1>

WALKER, Ernest P. **Mammals of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1991. 644p.

WEBSTER, William David. **Systematics and evolution of bats of the genus *Glossophaga***. Lubbock: Texas Tech University, 1983. 332p.

WEINSTEIN, Philip; SLANEY, David. Invertebrate faunal survey of Rope Ladder Cave, Northern Queensland: a comparative study of sampling methods. **Australian Journal of Entomology**, v. 34, n. 3, p. 233-236, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1995.tb01329.x>

WHITE, William B.; CULVER, David C. Definition of cave. In: CULVER, David C.; WHITE, William B. (Eds.). **Encyclopedia of Caves**. Califórnia: Elsevier, Academic Press, 2005, p. 255-264.

WIJAYANTI, Fahma; MARYANTO, Ibnu. Diversity and pattern of nest preference of bat species at bat-dwelling caves in Gombong Karst, Central Java, Indonesia. **Biodiversitas**, v. 18, n. 3, p. 864-874, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180302>.

WILKINSON, Gerald S. Reciprocal food sharing in the vampire bat *Desmodus rotundus*. **Nature**, v. 308, p. 181-184, 1984. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/308181a0>

WILLIG, Michael R. Composition, microgeographic variation, and sexual dimorphism in Caatingas and Cerrado bat communities from Northeast Brazil. **Bulletin of the Carnegie Museum of Natural History**, v. 23, p. 1-131, 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.5962/p.228602>

ZAMPAULO, Robson de Almeida; TALAMONI, Sônia Aparecida. Frequency of leucism in a colony of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) roosting in a ferruginous cave in Brazil. **Biota Neotropica**, v. 19; n. 3. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0676>

ZEPON, Tamires. **Zonação e estratificação da fauna subterrânea de Presidente Olegário, Noroeste de Minas Gerais**. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.