



ANAIS do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Brasília-DF, 20-23 de Abril de 2022



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 36º Congresso Brasileiro de Espeleologia (CBE) disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

PIMENTEL, N. T.; ROCHA, P. A.; PEDROSO, M. A.; BERNARD, E.. Estimativas do consumo de insetos e do input de guano por morcegos em bat caves no Nordeste do Brasil. In: MOMOLI, R. S.; STUMP, C. F.; VIEIRA, J. D. G.; ZAMPAULO, R. A. (org.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 36, 2022. Brasília. *Anais...* Campinas: SBE, 2022. p.041-048. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_041-048.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

ESTIMATIVAS DO CONSUMO DE INSETOS E DO INPUT DE GUANO POR MORCEGOS EM BAT CAVES NO NORDESTE DO BRASIL

ESTIMATES OF INSECT CONSUMPTION AND GUANO INPUT BY BATS
IN BAT CAVES IN NORTHEASTERN BRAZIL

Narjara Tércia PIMENTEL (1); Patrício Adriano da ROCHA (2), Mônica Aparecida PEDROSO (3); Enrico BERNARD (1)

(1) Laboratório de Ciência Aplicada à Conservação da Biodiversidade, Departamento de Zoologia - Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

(2) Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, Castelo Branco, João Pessoa - PB, 58051-900, Brasil

(3) Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe, Cidade Universitária, Av. Marechal Rondon, s / n°. São Cristóvão - SE, 49100-000, Brasil.

Contatos: narjara.ntp@gmail.com.

Resumo

Bat caves abrigam populações excepcionais de morcegos insetívoros. Esses morcegos desempenham um papel importante na supressão de insetos e, conseqüentemente, no aporte de energia para o interior das cavernas. Embora ecologicamente relevante, poucos estudos estimaram o consumo de insetos e o aporte e energia para *bat caves* no Neotrópico. Aqui fornecemos estimativas para três *bat caves* usadas por *Pteronotus gymnonotus* e *P. personatus* (Mormoopidae) no Nordeste do Brasil. Usando um sistema automatizado não invasivo, contamos os morcegos, depois capturamos e pesamos os indivíduos deixando e retornando ao abrigo, para estimar o consumo de insetos por noite. A abundância de morcegos variou entre e dentro as cavernas, de 574 até 158.884 morcegos, indicando padrões de ocupação altamente dinâmicos. O consumo de insetos variou de 0,6 a 2,5 g/morcego/noite para *P. gymnonotus* (~ 5 a 20% do peso corporal) e 0,8 a 2,0 g/morcego/noite para *P. personatus* (~ 10 a 28% do peso corporal). O presente estudo fornece dados quantitativos de linha de base sobre as contribuições de morcegos para ecossistemas de cavernas e dados valiosos para estimativas de serviços ecossistêmicos fornecidos por morcegos.

Palavras Chave: Chiroptera; Serviços ambientais; Supressão de insetos.

Abstract

Bat caves harbor exceptional populations of insectivorous bats. These bats play an important role in the suppression of insects and, consequently, in the supply of energy to inside of caves. Although ecologically relevant, few studies have estimated insect consumption and guano input in Neotropical bat caves. Here we provide estimates for three bat caves used by Pteronotus gymnonotus and P. personatus (Mormoopidae) in northeastern Brazil. Using a non-invasive automated system, we count bats, then capture and weigh individuals leaving and returning to the shelter to estimate nightly insect consumption. Bat abundance varied between and within caves, from 574 to 158,884 bats, indicating highly dynamic occupation patterns. Insect consumption varied from 0.6 to 2.5 g/bat/night for P. gymnonotus (~5 to 20% of their body weight) and 0.8 to 2.0 g/bat/night for P. personatus (~10 to 28% of their body weight). The present study provides baseline quantitative data on the contributions of bats to cave ecosystems and valuable data for estimates of ecosystem services provided by bats.

Keywords: Chiroptera; Environmental services; Insect suppression.

1. INTRODUÇÃO

Cavernas são abrigos essenciais para centenas de espécies de morcegos (Altringham 1996). Os morcegos detêm recordes de maiores congregações

entre os mamíferos, com registros de milhões de indivíduos, de uma ou mais espécies, convergindo para um único abrigo, incluindo cavernas (e.g. Hristov et al. 2010), sendo esses abrigos conhecidos como

bat caves (Ladle et al. 2012). Em algumas *bat caves*, quando a colônia de morcegos se estabelece em câmaras conectadas a outras porções por passagens estreitas, a temperatura gerada pelo calor corporal dos morcegos e pela decomposição do guano nestas câmaras tende a ser muito elevada (Peck et al. 1998), frequentemente próxima dos 40°C (Ladle et al. 2012), bem como a umidade relativa do ar que tende à saturação (Rodríguez-Durán 1998).

Os morcegos são os principais responsáveis pelo aporte de energia em cavernas permanentemente secas (Ferreira 2019). Quando retornam aos seus abrigos todos os dias, esses animais trazem recursos orgânicos para esses ambientes, seja por meio de suas fezes ou através das próprias carcaças (Ferreira et al. 2000, Gnaspini e Trajano 2000). Grande parte da biota da caverna é altamente especializada, com alto grau de endemismo, e muitas vezes composto de espécies troglóbias, cujo ciclo de vida ocorre exclusivamente dentro de cavernas e outros habitats subterrâneos (Mammola et al. 2019). Essas características reforçam a importância ecológica da entrada de guano nas cavernas, fornecido pelos morcegos (Ferreira 2019, Mammola 2019).

Um fator distintivo das *bat caves* é o extenso volume de guano (Ferreira 2019, Iskali e Zhang 2015), principalmente de morcegos insetívoros. Além de desempenhar um importante papel para a manutenção do ecossistema cavernícola, os morcegos também têm um papel importante fora da caverna (e.g. dispersão de sementes, polinização e até controle da população de insetos) (Bohmann et al. 2011, Boyles et al. 2011, Maslo et al. 2017, Aguiar et al. 2021). Esses extensos pacotes de guano depositados nas cavernas podem dar uma ideia da quantidade de insetos que esses animais estão retirando do ambiente externo (Iskali e Zhang 2015, Ziler e Yancey 2019).

Embora excepcionais e ecologicamente relevante, *bat caves* são pouco conhecidas sob o ponto de vista científico (Gnaspini e Trajano 2000, Ladle et al. 2012, Pellegrini e Ferreira 2013, Ferreira 2019, Otálora-Ardila et al. 2019). Além disso, poucos estudos se propuseram a abordar o consumo de insetos por morcegos e sua contribuição no aporte de guano em ambientes cavernícolas sob o ponto de vista quantitativo, e menos ainda na região Neotropical. Nesse contexto, o presente estudo visou avaliar as contribuições dos morcegos no aporte de guano em três *bat caves* no Nordeste do Brasil, buscando: I) acessar a riqueza de espécies de morcegos nas cavernas; II) estimar o tamanho das populações residentes de morcegos dessas cavernas; e III) estimar a quantidade de

insetos consumidos pelos morcegos, por noite. Essas análises fornecem dados quantitativos importantes sobre as contribuições ecológicas de morcegos para ecossistemas de cavernas e dados valiosos para estimativas de serviços ecossistêmicos fornecidos pelos morcegos.

2. METODOLOGIA

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em três *bat caves* localizadas em Pernambuco e Sergipe (Fig. 1; Tabela 1). As *bat caves* Casa de Pedra e Caverna do Urubu estão inseridas na transição da Mata Atlântica (ecótono do Agreste). A Furna do Morcego está dentro do semiárido da Caatinga brasileira, região com temperaturas médias anuais variando de 25 a 30 °C e precipitação média anual variando de 600 a 1000 mm, com uma curta estação chuvosa concentrada de dois a três meses (Silva et al. 2017).

Morcegos de diferentes espécies ocupam as *bat caves* estudadas, mas *Pteronotus gymnonotus* e *P. personatus* formam as maiores colônias. O guano nessas cavernas é predominantemente composto de restos de insetos.



Figura 1: Área de estudo e localização de três *bat caves* no nordeste do Brasil. Furna do Morcego, no estado de Pernambuco, Casa de Pedra e Caverna do Urubu, ambas no estado de Sergipe.

Tabela 1: Relação das *bat caves* estudadas.

Nome da caverna	Local	Coordenadas	
		Latitude (S)	Longitude (W)
Furna do Morcego	Ibimirim/PE	08°34'14.1"	37°22'55.4"
Casa de Pedra	Campo do Brito/SE	10°50'03.0"	37°27'03.6"
Caverna do Urubu	Divina Pastora /SE	10°43'58.1"	37°09'56.0"

Riqueza de espécies de morcegos

Identificamos a riqueza de espécies por meio de observações e capturas dos indivíduos *in loco*,

usando uma rede de mão. Os morcegos foram acondicionados em sacos de tecido e examinados individualmente, onde foram extraídos dados biológicos e morfométricos. O peso foi obtido com o auxílio de balanças (Pesolas®) de 100 g (precisão 1 g) e de 300 g (precisão 2 g). Estimamos a idade aproximada pelo grau de ossificação das epífises falangiais. Realizamos a sexagem de acordo com a idade (adulto ou juvenil) e verificamos o estágio reprodutivo (machos: ativo ou inativo; e fêmeas: inativas, grávidas, lactantes ou pós-lactantes). O tamanho do antebraço direito foi medido com paquímetros digitais (precisão 0,01 mm). A identificação foi feita até o menor nível taxonômico possível, seguindo chaves de identificação de caracteres externos (e.g. Gardner 2008, Díaz et al. 2016). A captura e o manuseio dos morcegos em campo seguiram as diretrizes aprovadas pela American Society of Mammalogists (Sikes et al. 2019) e foram autorizados pelo SISBio/ICMBio/MMA (autorização no 23576/3).

Estimativas da abundância de morcegos

Contamos cinco vezes os morcegos na Furna do Morcego, entre fevereiro de 2019 e fevereiro de 2020. Na Casa de Pedra realizamos duas contagens no mesmo período, e na Caverna do Urubu realizamos três contagens: uma em janeiro de 2016 e as outras duas no período descrito acima. Usando uma técnica não invasiva baseada em imagens geradas por uma câmera térmica infravermelho e algoritmos de detecção de movimento, contamos os indivíduos deixando seus abrigos para forrageamento, para estimar a abundância de morcegos (Rodrigues et al. 2016, Otálora-Ardila et al. 2019). A câmera foi instalada na entrada da caverna e as gravações começaram às 17h30, com vídeos com duração de 60 a 180 minutos, até que não houvesse mais detecção de morcegos emergindo dos abrigos. As validações de algoritmos, realizadas em laboratório, indicaram margens de erro <6%, com erro médio de aproximadamente 3% (Otálora-Ardila et al. 2019).

Estimativas do consumo de insetos por morcegos

Estimamos o consumo noturno de insetos comparando as médias de peso corporais pré-alimentação com os pesos corporais pós-alimentação, tomados quando os indivíduos retornavam ao abrigo após seu período de alimentação (e.g. Anthony e Kunz 1977, McDonald et al. 1990). Assim, capturamos e pesamos os morcegos deixando as cavernas após aproximadamente 12 horas sem se alimentar, e repetimos a pesagem com morcegos voltando aos abrigos, no final da mesma noite. Usamos uma arma-

dilha harpa de 1,50 m x 1,50 m para capturar os morcegos, instalada na entrada principal da caverna. Os morcegos foram colocados individualmente em sacos de algodão, pesados e medidos. Como não havia marcação individual, usamos o comprimento médio do antebraço para verificar a variação do tamanho dos morcegos ao sair e voltando para o abrigo, e certificar que as amostras eram equivalentes. As capturas na *bat cave* Furna do Morcego ocorreram em maio de 2019 e outubro de 2019, e apenas indivíduos de *P. gymnonotus* foram capturados. Na *bat cave* do Urubu, as capturas ocorreram em janeiro de 2016 e janeiro de 2020, e na Casa de Pedra, em fevereiro de 2020. Nessas cavernas, capturamos *P. gymnonotus* e *P. personatus*.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de distribuição normal por meio do teste de Shapiro-Wilk. Como o conjunto de dados não apresentou distribuição normal para um nível de significância de $\alpha = 0,05$, foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon para verificar se houve variação no peso dos morcegos entre a saída e o retorno ao abrigo, com base na diferença entre as medianas dos pesos de retorno e de saída de cada caverna. Consideramos que a diferença entre os pesos de retorno e saída resultaram dos insetos consumidos. Transformamos essa diferença em uma porcentagem usando o peso corporal médio das amostras de morcegos que saem do abrigo (peso de saída). Indivíduos juvenis e fêmeas grávidas foram excluídas das análises. Todas as análises foram realizadas usando o software R v.4.0.2 (R Development Core Team 2020). Os valores foram considerados significativos com $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Riqueza de espécies de morcegos

Observamos 12 espécies usando *bat caves* estudadas: 7 Phyllostomidae, dois Emballonuridae, dois Mormoopidae, um Natalidae, incluindo insetívoros, frugívoros, morcegos hematófagos, nectarívoros-polinívoros e onívoros (Tabela 2).

Abundância de morcegos

As contagens indicaram que a abundância de morcegos variou de 574 (fevereiro/2019) a 37.789 indivíduos (maio/2019) na Furna do Morcego, de 59.722 (janeiro/2020) a 98.986 indivíduos (julho/2019) na Casa de Pedra e de 66.696 (janeiro/2020) a 158.884 indivíduos (janeiro/2016) na Caverna do Urubu (Fig. 2).

Tabela 2: Espécies registradas nas *bat caves* Furna do Morcego (FM) – PE, Casa de Pedra (CP) – SE e Caverna do Urubu (UR) – SE, no período de fevereiro de 2019 a fevereiro de 2020. Tipo de registro das espécies: Observação (Obs) = observação direta *in loco*; Ecolocalização (Eco) = gravação de sinais de acústicos; Captura (Cap) = captura e soltura dos exemplares. Classificação segundo o uso da caverna: essencialmente cavernícola (EC), cavernícola oportunista (CO) (Guimarães e Ferreira 2019). Guilda alimentar = Insetívoro (Ins); Frugívoro (Fru); Hematófago (Hem); Nectarívoro-Polinívoro (Nec-Pol) e Onívoro (Oni). As células vazias indicam ausência de dados para a espécie.

Táxon	Cavidade	Tipo de registro			Uso da caverna	Hábito alimentar
		Obs	Eco	Cap		
Emballonuridae						
<i>Peropteryx</i> spp.	FM	x				Ins
<i>Peropteryx</i> cf. <i>macrotis</i>	UR		x			Ins
Mormoopidae						
<i>Pteronotus gymnonotus</i> (Wagner, 1843)	FM; CP; UR	x	x	x	EC	Ins
<i>Pteronotus personatus</i> (Wagner, 1843)	FM; CP; UR	x	x	x	EC	Ins
Natalidae						
<i>Natalus macrourus</i> (Gervais, 1856)	CP	x	x	x	EC	Ins
Phyllostomidae						
Carollinae						
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	FM; CP			x	CO	Fru
Demodontinae						
<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	CP; UR	x		x	CO	Hem
Glossophaginae						
<i>Anoura geoffroyi</i> (Gray, 1838)	CP	x		x	EC	Nec-Pol
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	CP; UR	x		x	CO	Nec-Pol
Lonchophyllinae						
<i>Lonchophylla</i> sp.	FM	x		x		Nec-Pol
Lonchorhininae						
<i>Lonchorhina aurita</i> (Tomes, 1863)	CP; UR	x	x	x	EC	Ins
Phyllostominae						
<i>Phyllostomus hastatus</i>	CP; UR	x		x	CO	Oni

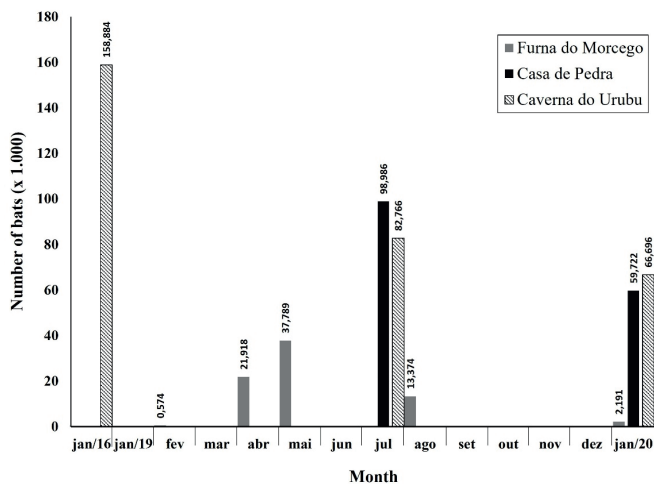


Figura 2: Abundância de morcegos nas *bat caves* Furna do Morcego, Casa de Pedra e Caverna do Urubu, amostradas entre janeiro de 2016 e janeiro de 2020.

A abundância de morcegos nas *bat caves* amostradas no nordeste do Brasil variou amplamente entre e dentro das cavernas, indicando abrigos com alto dinamismo de ocupação. Essas cavernas são ocupadas por grandes colônias de *Pteronotus gymnonotus* e *P. personatus*. Essas variações também podem refletir na quantidade de insetos que são ingeridos

pelos morcegos, por noite. Todas as *bat caves* amostradas continham grandes depósitos de guano, confirmando e reforçando o papel dos morcegos como importantes consumidores de insetos e responsáveis pela entrada de matéria orgânica nesses ambientes.

Consumo de insetos

Como não houve diferença significativa no tamanho corporal – expresso pelo comprimento do antebraço – dos morcegos capturados saindo e retornando ao abrigo durante a amostragem das *bat caves* (Tabela 3), atribuímos a variação de peso ao consumo do inseto durante o forrageio.

Embora existam registros de *P. personatus* na *bat cave* Furna do Morcego, capturamos apenas espécimes de *P. gymnonotus* durante as nossas amostragens. Na primeira campanha, em maio de 2019, pesamos 163 indivíduos saindo e 97 voltando para ao abrigo. O peso de *P. gymnonotus* saindo do abrigo variou de 9 a 16 g ($\bar{x} = 12,4$ g), enquanto seu peso no retorno ao abrigo variou de 11 a 20 g ($\bar{x} = 13,7$ g) (Tabela 3). Com base na mediana das amostras, estimamos que esses indivíduos consumiram aproximadamente 1,0 g de insetos por noite, o que é equivalente a 7% do seu peso corporal ($W = 3775,5$; $p < 0,001$;

Fig. 3). Na segunda campanha, em outubro de 2019, pesamos 114 indivíduos saindo e 39 retornando ao abrigo. O peso de saída de *P. gymnonotus* variou de 10 a 14 g ($\bar{x} = 11,3$ g), enquanto seu peso no retorno ao abrigo variou de 12 a 15,5 g ($\bar{x} = 13,4$ g) (Tabela 3). Com base nas medianas das amostras, estimamos que esses indivíduos consumiram aproximadamente 2,0 g de insetos por noite, equivalente a 18% de seu peso corporal ($W = 255$; $p < 0,001$; Fig. 3).

Na *bat cave* Casa de Pedra, em fevereiro de 2020, pesamos 159 morcegos saindo do abrigo (25 *P. gymnonotus* e 134 *P. personatus*) e 157 retornando ao abrigo (24 *P. gymnonotus* e 133 *P. personatus*). O peso de *P. gymnonotus* saindo do abrigo variou de 8 a 13 g ($\bar{x} = 11,7$ g), e seu peso no retorno ao abrigo variou de 12 a 17 g ($\bar{x} = 14,5$ g). Para *P. personatus*, o peso dos morcegos saindo do abrigo variou de 5 a 9 g ($\bar{x} = 7,3$ g), enquanto o peso dos morcegos retornando ao abrigo variou de 7 a 11,5 g ($\bar{x} = 8,4$ g) (Tabela 3). Com base na mediana das amostras, estimamos que *P. gymnonotus* consumiram aproximadamente 2,5 g de insetos por noite, equivalente a 20% do peso corporal ($W = 22,5$; $p < 0,001$; Fig. 3). Para *P. personatus*, estimamos um consumo aproximado de 0,8 g de insetos por noite, equivalente a 10% do peso corporal ($W = 4280$; $p < 0,001$; Fig. 3).

Na *bat cave* do Urubu, na primeira campanha, em janeiro de 2016, pesamos 149 morcegos saindo do abrigo (82 *P. gymnonotus* e 67 *P. personatus*) e 157 morcegos retornando ao abrigo (62 *P. gymnonotus* e 95 *P. personatus*). O peso de *P. gymnonotus* saindo do abrigo variou de 10 a 13 g ($\bar{x} = 11,4$ g), enquanto seu peso voltando ao abrigo variou de 11 a 15 g ($\bar{x} = 13,0$ g). Para *P. personatus*, o peso dos indivíduos saindo variou de 6 a 9 g ($\bar{x} = 7,4$ g), enquanto o peso dos indivíduos retornando ao abrigo variou de 7 a 11 g ($\bar{x} = 8,9$ g) (Tabela 3). Com base na mediana das amostras, estimamos que *P. gymnonotus* consumiram aproximadamente 2,0 g de insetos por noite, equivalente a 18% de seu peso corporal ($W = 686$; $p < 0,001$; Fig. 3). Para *P. personatus*, estimamos um consumo de aproximadamente 2,0 g de insetos por noite, equivalente a 28% de seu peso corporal ($W = 853,5$; $p < 0,001$; Fig. 3). Na segunda campanha nesta caverna, em janeiro de 2020, pesamos 89 morcegos saindo do abrigo (23 *P. gymnonotus* e 66 *P. personatus*) e 153 retornando ao abrigo (23 *P. gymnonotus* e 130 *P. personatus*). O peso de *P. gymnonotus* saindo do abrigo variou de 10 a 13 g ($\bar{x} = 11,6$ g), enquanto seu peso retornando ao abrigo variou de 11 a 14 g ($\bar{x} = 12,2$ g). O peso de *P. personatus* saindo variou de 6 a 10g $\bar{x} = 7,5$ g), enquanto o peso retornando ao abrigo variou

de 7 a 11 g ($\bar{x} = 8,7$ g) (Tabela 3). Apesar do valor de p ter sido significativo para esta amostra, não houve diferença expressiva nas medianas dos pesos de saída e retorno para *P. gymnonotus* ($W = 164$, $p = 0,02087$; Fig. 3). Ainda assim, com base nas medianas, estimamos que estes indivíduos consumiram cerca de 0,6 g de insetos por noite, o equivalente a 5% do peso corporal (Fig. 3). Para *P. personatus*, estimamos um consumo aproximado de 1,2 g de insetos por noite, o equivalente a 16% de seu peso corporal ($W = 1691,5$; $p < 0,001$; Fig. 3).

Tabela 3: Estimativa do consumo de insetos por morcego por noite, para as espécies *P. gymnonotus* e *P. personatus*, nas *bat caves* Furna do Morcego, Casa de Pedra e Caverna do Urubu. n (S) = número total de morcegos saindo; n (R) = número total de morcegos retornando; \bar{X} = peso médio dos morcegos (g.); $\bar{X}A$ = média do comprimento do antebraço dos morcegos saindo (mm); $\bar{X}R$ = média do comprimento do antebraço dos morcegos retornando (mm). Células vazias = ausência de dados para a espécie.

Caverna	<i>Pteronotus gymnonotus</i>					
	n (S)	\bar{X} (g.)	$\bar{X}A$	n (R)	\bar{X} (g.)	$\bar{X}R$
Furna do Morcego	163	12,45	51,09	97	13,70	50,24
Furna do Morcego	114	11,30	50,67	39	13,39	50,60
Casa de Pedra	25	11,70	50,67	24	14,50	50,75
Caverna do Urubu	82	11,40	50,30	62	13,00	50,10
Caverna do Urubu	23	11,60	50,74	23	12,24	50,15

	<i>Pteronotus personatus</i>					
	n (S)	\bar{X} (g.)	$\bar{X}A$	n (R)	\bar{X} (g.)	$\bar{X}R$
Casa de Pedra	134	7,30	45,26	133	8,40	45,27
Caverna do Urubu	67	7,40	45,70	95	8,90	44,80
Caverna do Urubu	66	7,54	44,81	130	8,71	44,67

Nossas análises indicaram que os indivíduos de *P. gymnonotus* consomem de 1,0 a 2,5 g de insetos por noite (~7 a 20% de seu peso), e *P. personatus*, de 0,6 a 2,0 g de insetos por noite (~ 10 a 28% de seu peso). Esses valores são semelhantes aos disponíveis em outros estudos (e.g. Anthony e Kunz 1977, McDonald et al. 1990). Portanto, considerando um consumo médio de 2,0 g de insetos/morcego para *P. gymnonotus* e 1,5 g de insetos/morcego para *P. personatus*, multiplicando isso pelo número de morcegos

presente em cada *bat cave*, e adotando uma proporção de 50/50 entre as espécies, estimamos que em suas contagens mais altas das populações de morcegos nas *bat caves* Casa de Pedra e do Urubu, por exemplo, podem consumir aproximadamente 173 kg e 145 kg de insetos por noite, respectivamente. No entanto, considerando que durante o intervalo entre a saída do abrigo para forragear e o retorno para o mesmo (~ 8 h), é muito provável que os morcegos defiquem, podemos supor que o número de insetos que essas populações consomem é ainda maior do que o estimado aqui.

Identificar e estimar os serviços ambientais prestados pelos morcegos estão entre as prioridades para a conservação de morcegos no Brasil (Bernard et al. 2012, Aguiar et al. 2021). Aguiar et al (2021) valoraram o serviço ecossistêmico de supressão de pragas pelos morcegos, e estimaram uma economia de US \$ 94 por hectare de plantio de milho, representando uma economia anual de US \$ 390,6 milhões por safra no Brasil.

4. CONCLUSÃO

A abundância de morcegos em *bat caves* pode variar bastante. Aproximadamente metade das espécies de morcegos se alimentam de insetos, exercendo importante controle sobre essas populações, incluindo pragas agrícolas e vetores de doenças para humanos e outros animais (Reiskind e Wund 2009, Boyles et al. 2011). Portanto, identificar e quantificar

esses possíveis serviços ambientais prestados pelos morcegos pode contribuir para uma propaganda positiva para o grupo, sendo importante para ações de conservação, de valoração dos serviços ambientais e de educação ambiental.

Nosso estudo fornece dados quantitativos de linha de base sobre as contribuições de morcegos para ecossistemas de cavernas e dados valiosos para estimativas de serviços ecossistêmicos prestados por morcegos.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a LB Piló, pelos insights e discussões frutíferas sobre este assunto. E. Barbier, E. Leal, F. Ito, F. Hintze, G. Guedin, J. Barros, Genivaldo e C. Rodrigues que forneceram uma ajuda inestimável durante os trabalhos de campo. Agradecemos ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) e à Anglo American Minério de Ferro S.A. pelos recursos logísticos e financeiros. Este estudo faz parte da Dissertação de Mestrado de N.T. Pimentel junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal/UFPE e agradecemos a U. Pinheiro, B. Bezerra e M.O. Guimarães Jr. por todo o apoio. Os Drs. R.L. Ferreira, J-C. Vargas-Mena e J.P.S. Alves forneceram comentários úteis sobre a tese. Agradecemos à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa concedida ao primeiro autor. E. Bernard é bolsista de produtividade do CNPq.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L.M.S., BUENO-ROCHA, I.D., OLIVEIRA, G., PIRES, E.S., VASCONCELOS, S., NUNES, G.L. et al. Going out for dinner - The consumption of agriculture pests by bats in urban areas. **PLoS ONE**, 16(10): e0258066, 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258066>.
- ALTRINGHAM, J.D. **Bats. Biology and behavior**. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom, 1996.
- ANTHONY, E.L.P., KUNZ, T.H. Feeding strategies of the little brown bat, *Myotis Lucifugus*, in Southern New Hampshire. **Ecology**, 58:775-786, 1977. <https://doi.org/10.2307/1936213>.
- BERNARD, E., AGUIAR, L.M.S., BRITO, D., CRUZ-NETO, A.P., GREGORIN, R., MACHADO, R.B., OPREA, M., PAGLIA, A.P., TAVARES, V.C. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. In: Freitas TRO, Vieira EM (eds.) **Mamíferos do Brasil: genética, sistemática, ecologia e conservação, Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, Rio de Janeiro, pp. 19-35, 2012.
- BOHMANN, K.; MONADJEM, A.; NOER, C. L.; RASMUSSEN, M.; ZEALE, M. R. K.; CLARE, E.; JONES, G.; WILLERSLEV, E.; GILBERT, M. T. P. Molecular diet analysis of two African free-tailed bats (Molossidae) using high throughput sequencing. **PLoS ONE**, v. 6, n. 6, p. 21441, 2011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021441>.

- BOYLES, J.G., CRYAN, P.M., MCCRACKEN, G.F., KUNZ, T.H. Economic importance of bats in agriculture. *Science* 1:41-42, 2011. <https://dx.doi.org/10.1126/science.1201366>.
- DÍAZ, M.M., SOLARI, S., AGUIRRE, L.F., AGUIAR, L.M.S., BARQUEZ, R.B. **Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica**. Programa de Conservación de Murciélagos de Argentina, Argentina, 2016.
- FERREIRA, R.L. **Guano communities**. In: White WB, Culver DC, Pipan T (eds) *Encyclopedia of caves*. 3ª ed. Cambridge Academic Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 474-484, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00057-1>.
- FERREIRA, R.L., MARTINS, R.P., YANEGA, D. Ecology of bat guano arthropod communities in a Brazilian dry cave. *Ecotropica*, 6:105–115, 2000.
- GARDNER, A.L. **Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2008. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-R-296.1>.
- GNASPINI, P., TRAJANO, E. **Guano communities in tropical caves**. In: Wilkens H, Culver DC, Humphreys WF (eds.) *Ecosystems of the World: 30 Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, pp. 251–268, 2000.
- GUIMARÃES, M.M.; FERREIRA, R.L. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a Conservação. *Revista Brasileira de Espeleologia*, v. 2, n. 4, p. 1-33, 2014.
- HRISTOV, N.I. et al. Seasonal variation in colony size of Brazilian free-tailed bats at Carlsbad Cavern based on thermal imaging. *Journal of Mammalogy*, 91:183–192, 2010. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-391R.1>.
- ISKALI, G., ZHANG, Y. Guano subsidy and the invertebrate community in Bracken Cave: the world's largest colony of bats. *Journal of Cave and Karst Studies*, 77:28-36, 2015. <https://doi.org/10.4311/2013LSC0128>.
- LADLE, R.J., et al. Unexplored diversity and conservation potential of Neotropical hot caves. *Conservation Biology*, 26(6), p. 978-982, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01936.x>.
- MAMMOLA, S. Finding answers in the dark: caves as models in ecology fifty years after Poulson and White. *Ecography*, 42:1331-1351, 2019. <https://doi.org/10.1111/ecog.03905>.
- MAMMOLA, S., CARDOSO, P., CULVER, D.C. et al. Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. *BioScience*, 69:641-650, 2019. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz064>.
- MASLO, B., VALENTIN, R., LEU, K., KERWIN, K., HAMILTON, G. C., BEVAN, A., FEFFERMAN, N. H., FONSECA, D. M. Chiro-surveillance: The use of native bats to detect invasive agricultural pests. *PLOs ONE*, v. 12, n. 3, p. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173321>.
- MCDONALD, J.T., RAUTENBACH, I.L., NEL, J.A.J. Foraging ecology of bats observed at De Hoop Provincial Nature Reserve, southern Cape Province. *African Journal of Wildlife Research*, 20:133-145, 1990.
- OTÁLORA-ARDILA, A., TORRES, J.M., BARBIER, E., PIMENTEL, N.T., LEAL, E.S.B., BERNARD, E. Thermally-assisted monitoring of bat abundance in an exceptional cave in Brazil's Caatinga drylands. *Acta Chiropterologica*, 21:411-423, 2019. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2019.21.2.016>.

- PECK, S. et al. The cave inhabiting beetles of Cuba (Insecta: Coleoptera): diversity, distribution and ecology. **Journal of Caves and Karst Studies**, 60, p. 156–165, 1998.
- PELLEGRINI, T.G., FERREIRA, R.L. Structure and interactions in a cave guano–soil continuum community. **European Journal of Soil Biology**, 57:19-26, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.03.003>.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation or Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020.
- REISKIND, M.H., WUND, M.A. Experimental assessment of the impacts of Northeastern Long-Eared Bat on oviposition *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. **Journal of Medical Entomology**, 46:1037-1044, 2009. <https://doi.org/10.1603/033.046.0510>.
- RODRIGUES, E., TEIXEIRA, J.M., TEICHRIB, V., BERNARD, E. **Multi-objective tracking applied to bat populations**. Pp. 155–159, in XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR 2016, Gramado, RS, Brazil, June 21– 24, 2016. IEEE Computer Society, Gramado, RS, 240 pp, 2016.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. Nonrandom aggregations and distribution of cave-dwelling bats in Puerto Rico. **Journal of Mammalogy**, 79: 141–146, 1998.
- SIKES, R.S., THOMPSON, T.A., BRYAN II, J.A. American Society of Mammalogists: raising the standards for ethical and appropriate oversight of wildlife research. **Journal of Mammalogy**, 100:763–773, 2019. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz019>.
- SILVA, J.M.C., LEAL, I.R., TABARELLI, M. (eds.) **Caatinga: the largest Tropical dry Forest Region in South America**. Springer International Publishing, 2017.
- ZILER, K. S., YANCEY, M. E. **Mamíferos e Pássaros – visitantes vertebrados**. In: CHRISTMAN, M. C.; ZAGMAJSTER, M. (Eds.). *Encyclopedia of Cave*. University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia. Chapter 79, p. 665-668, 2019.