



ANAIS do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Curitiba - Paraná, 26 a 29 de julho de 2023



O artigo a seguir é parte integrante dos Anais do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ANDRADE, M. C. M.; MARTINS, I. M. SILVA, T. C.; ETEROVICK P. C.. Reprodução de pererecas endêmicas (Anura: Hylidae) em cavernas da Serra do Espinhaço Meridional, Brasil. In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.292-300. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_292-300.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

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

REPRODUÇÃO DE PERERECAS ENDÊMICAS (ANURA: HYLIDAE) EM CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, BRASIL

REPRODUCTION OF ENDEMIC FROGS (ANURA: HYLIDAE) IN CAVES OF THE
SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, BRAZIL

Maurício Carlos Martins de ANDRADE (1); Ítalo Moreira MARTINS (1); Tiago Castro SILVA (1);
Paula Cabral ETEROVICK (2)

(1) Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (Cecav)/ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

(2) Zoologisches Institut, Technische Universität Braunschweig, Germany.

Contatos: mauricio.andrade@icmbio.gov.br.

Resumo

Os anuros podem usar o ambiente subterrâneo para se proteger de predadores, abrigar de adversidades climáticas, alimentar e reproduzir. No Brasil, nenhum registro de reprodução de anuros em cavernas foi realizado, constando apenas registros de vocalização e a presença de girinos. O objetivo deste estudo foi verificar a atividade reprodutiva e a presença de indivíduos (girinos e adultos) do gênero *Bokermannohyla* em cavernas de unidades de conservação da Serra do Espinhaço Meridional. Os registros de girinos e de comportamentos reprodutivos dos indivíduos adultos, associado à presença de corpos hídricos nas cavidades, evidenciaram a reprodução de duas espécies do gênero *Bokermannohyla* em cavernas. O estudo do uso de cavernas por anuros é crucial para se entender a relação desses com o ambiente subterrâneo, contribuindo para o planejamento de medidas protetivas para ambos.

Palavras-Chave: Cavidade natural subterrânea; Ecologia; Anfíbio; Conservação.

Abstract

Anurans can use the subterranean environment to protect themselves from predators, shelter from adverse weather, feed and reproduce. In Brazil, no record of reproduction of anurans in caves has been carried out, with only recordings of vocalization and the presence of tadpoles. The aim of this study was to verify the reproductive activity and the presence of individuals (tadpoles and adults) of the genus Bokermannohyla in caves of conservation units at Serra do Espinhaço Meridional. The records of tadpoles and reproductive behavior of adults, associated with the presence of water bodies in the cavities, showed the reproduction of two species of the genus Bokermannohyla in caves. The study of the use of caves by anurans is crucial to understand their relationship with the subterranean environment, contributing to the planning of protective measures for both.

Keywords: Underground natural cavity; Ecology; Amphibian; Conservation.

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos da presença de anuros em cavernas no Brasil os classificavam como acidentais no ambiente subterrâneo (TRAJANO, 1986; TRAJANO; GNASPINI-NETTO, 1990; PINTO-DA-ROCHA, 1995). Porém, essa premissa vem perdendo força com o avanço dos estudos sobre o uso de cavernas por anuros. Diversos trabalhos têm registrado a presença recorrente de determinadas espécies em cavernas (MATAVELLI *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2017; ANDRADE *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022ab), inclusive com uso sazonal e fidelidade de espécimes a cavernas ambientalmente mais estáveis (ANDRADE *et al.*, 2021). Os anuros podem usar o ambiente subterrâneo para se proteger de predadores, abrigar de adversidades climáticas, alimentar e até re-

produzir (MATAVELLI *et al.*, 2015).

Várias espécies epígeas (acidentais ou troglóxenas), incluindo anuros, apresentam distribuição ligada a determinadas características das cavernas (LUNGHI *et al.*, 2013). A ocorrência de anfíbios em cavernas não é aleatória, existindo algum tipo de seleção para características ambientais específicas (LUNGHI *et al.*, 2013). As cavernas geralmente apresentam alta umidade e pouca variação de temperatura (CULVER; PIPAN, 2019), condições microclimáticas que favorecem o uso do ambiente pelos anuros, principalmente durante períodos secos (ANDRADE *et al.*, 2021). A presença de presas também é determinante para o uso do ambiente subterrâneo como micro-habitat para forrageamento por certas espécies de anuros (GOUVEIA *et al.*, 2009; LURÍA-MAN-

ZANO; RAMÍREZ-BAUTISTA, 2017).

O uso do ambiente subterrâneo por anuros também está relacionado a determinadas características da história de vida das espécies (SANTOS *et al.*, 2022b). A presença de discos digitais, membranas interdigitais e hábitos noturnos são características encontradas em algumas espécies de anuros que usam cavernas (BISWAS, 2014; ANDRADE *et al.*, 2021). Espécies de anuros terrestres e com desenvolvimento direto, em comparação com aquelas com estágio de girino, têm maior probabilidade de usar cavernas (SANTOS *et al.*, 2022b). Por outro lado, cavernas com corpos d'água perenes são mais utilizadas pelos anuros em comparação com aquelas sem corpos d'água (SANTOS *et al.*, 2022b). A presença de poças ou de habitats de água doce em cavernas configura um ambiente favorável para colonização e reprodução de anfíbios que dependem da água para reproduzir (LUNGHI *et al.*, 2013).

No mundo, são poucos os relatos de reprodução de anuros em cavernas (ROSA; PENADO, 2013). Porém, existem registros de girinos e relatos de comportamentos reprodutivos em cavernas da Europa (FARAONE; VALVO, 2018), Austrália (TYLER; DAVIES, 1979), América do Norte (RESETARITS JR., 1986) e América Central (DIESEL *et al.*, 1995). No Brasil, nenhum relato de reprodução de anuros em cavernas foi realizado (SANTOS *et al.*, 2022a). Constam apenas registros de comportamento reprodutivo (LIMA *et al.*, 2012; VAZ-SILVA *et al.*, 2018; ANDRADE *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022b) e a presença de girinos (MATAVELLI *et al.*, 2015; ANDRADE *et al.*, 2021, 2022; BICHUETTE *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022ab). Porém, os girinos presentes em cavernas podem ser oriundos de uma desova ocorrida a montante da cavidade com posterior carreamento para o interior da mesma (SANTOS *et al.*, 2022a). Assim, apenas o registro de casal em amplexo, de desovas ou a presença de girinos em cavidades que não apresentam curso d'água superficial a montante caracterizaria a reprodução de anuros dentro de cavernas.

O gênero *Bokermannohyla* compreende 30 espécies (SEGALLA *et al.*, 2021) endêmicas e distribuídas nos campos rupestres e Mata Atlântica do sudeste brasileiro, da Bahia, Paraná e Santa Catarina (FAIVOVICH *et al.*, 2005; HADDAD *et al.*, 2013). Existem registros de ocorrência para *Bokermannohyla alvarengai* em cavernas em rochas ferruginosas e quartzíticas no estado de Minas Gerais (MG), *B. nanuzae* (rochas calcárias e quartzíticas em MG), *B. martinsi* (rochas calcárias, ferruginosas e quartzíticas

em MG), *B. saxicola* (rochas ferruginosas em MG) (SANTOS *et al.*, 2022a) e *Bokermannohyla hylax* (rochas graníticas no estado de Santa Catarina) (BICHUETTE *et al.*, 2022). Em cavernas, há relatos da presença de girinos de *B. martinsi* (ANDRADE *et al.*, 2022) e de comportamento reprodutivo (vocalização) de indivíduos machos da mesma espécie (ANDRADE *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2022b).

O objetivo deste estudo foi verificar a atividade reprodutiva e a presença de indivíduos (girinos e adultos) do gênero *Bokermannohyla* em cavernas de unidades de conservação da Serra do Espinhaço Meridional. Foram analisadas também a litologia das cavernas e a presença de corpos d'água, além do local de predileção das espécies dentro das cavernas e a incidência de luz nesses locais.

2. METODOLOGIA

Foram visitadas 50 cavernas distribuídas em seis unidades de conservação (UC) da Serra do Espinhaço Meridional: Parque Nacional (PN) da Serra do Gandarela (20°06'03"S, 43°39'50"W), PN das Sempre-Vivas (17°48'22"S, 43°46'37"W), PN da Serra do Cipó (19°22'45"S, 43°32'07"W), Área de Proteção Ambiental (APA) Morro da Pedreira (19°21'00"S, 43°33'13"W), Parque Estadual (PE) do Itacolomi (20°26'32"S, 43°27'46"W) e Monumento Natural Estadual (MNE) da Serra da Piedade (19°49'04"S, 43°40'50"W) (Figura 1).

As amostragens foram realizadas em dez cavidades naturais subterrâneas por unidade de conservação. As cavernas do PN da Serra do Cipó e da APA Morro da Pedreira foram consideradas conjuntamente por estarem localizadas na mesma região, sendo amostradas cinco cavernas em cada UC. Cada caverna foi visitada duas vezes entre outubro de 2022 e março de 2023, período chuvoso no Sudeste do Brasil, respeitando o intervalo mínimo de dois meses entre as coletas de dados. Indivíduos de *Bokermannohyla martinsi* já foram observados em atividade no período diurno em cavernas (ANDRADE *et al.*, 2021), inclusive vocalizando (SANTOS *et al.*, 2022b). Assim, as amostragens foram realizadas no período diurno por esperar encontrar atividades reprodutivas dos anuros durante o dia. A procura por anuros (adultos e girinos) e atividades reprodutivas (vocalização, amplexo, desovas etc.) nas cavernas foi realizada por duas pessoas, com o auxílio de lanternas, por meio de busca ativa sem limitação de tempo, a partir de vocalização e visualização. Os indivíduos encontrados foram fotografados com o auxílio de uma câmera fotográfica digital.

A incidência luminosa do local em que se encontravam os anuros foi classificada em três categorias: (1) eufótica: próxima à entrada, com incidência direta de luz solar em algum momento do dia e presença de organismos fotossintéticos; (2) disfótica: com incidência indireta de luz (sem insolação direta); e (3) afóticas: sem incidência

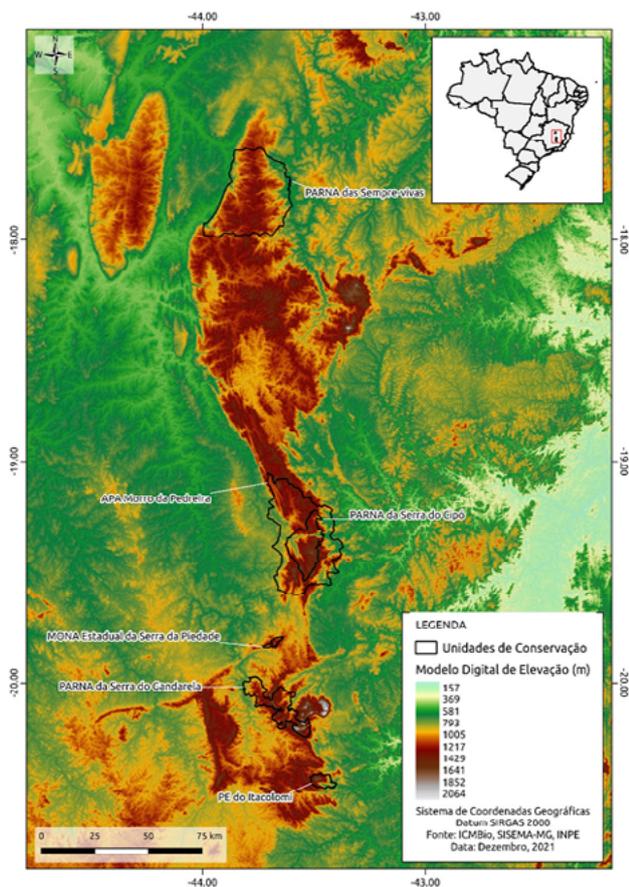


Figura 1: mapa mostrando a região da Serra do Espinhaço Meridional e as unidades de conservação pesquisadas: Parque Nacional (PN) da Serra do Gandarela, PN das Sempre-Vivas, PN da Serra do Cipó, Área de Proteção Ambiental (APA) Morro da Pedreira, Parque Estadual (PE) do Itacolomi e Monumento Natural Estadual (MNE) da Serra da Piedade. Autor: Tiago Castro Silva.

de luz (adaptado de SOARES *et al.*, 2013). O local onde foram encontrados os anuros foi classificado como dentro d'água, no piso ou na parede/teto. Os corpos d'água presentes dentro das cavernas foram classificados como perenes ou intermitentes, bem como lênticos ou lóticos. O Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (Canie) do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (ICMBio/Cecav) e levantamentos bibliográficos foram utilizados para pesquisar a litologia das cavernas, com posterior validação das informações durante as atividades de campo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados

Quatro espécies do gênero *Bokermannohyla* (*B. alvarengai*, *B. martinsi*, *B. nanuzae* e *B. saxicola*) foram registradas nas cavernas amostradas. Os indivíduos das espécies foram registrados tanto na fase de girinos como em fase adulta, exceto *B. alvaren-*

gai que foi observada apenas na fase larval (Figura 2). Espécies do gênero foram registradas em quatro das seis unidades de conservação visitadas: PN das Sempre-Vivas, PN da Serra do Cipó, PN da Serra do Gandarela e PE do Itacolomi.

Foram observados 314 indivíduos, entre adultos ($n=72$; 23%) e girinos ($n=242$; 77%), em 21 das 50 cavernas amostradas. *Bokermannohyla martinsi* foi o táxon com maior número de indivíduos adultos registrados ($n=53$), seguido de *B. nanuzae* ($n=14$) e *B. saxicola* ($n=5$). Em relação aos girinos, *B. nanuzae* foi mais representativa ($n=119$), seguida por *B. martinsi* ($n=102$), *B. alvarengai*, ($n=15$) e *B. saxicola* ($n=6$) (Tabela 1). A maioria dos indivíduos das quatro espécies registradas, tanto adultos como girinos, foi encontrada na zona disfótica ($n=224$; 71%) das cavernas. Apenas espécimes de *B. martinsi* foram registrados em zona afótica ($n=54$; 17%), sendo 47 em fase larval e sete adultos. Somente indivíduos de *B. alvarengai* ($n=15$) e *B. martinsi* ($n=21$) foram encontrados na zona eufótica, sendo 35 girinos e apenas um espécime adulto de *B. martinsi*.



Figura 2: girinos e adultos de *Bokermannohyla alvarengai* (a, b), *B. martinsi* (c, d), *B. nanuzae* (e, f) e *B. saxicola* (g, h) registrados em cavernas da Serra do Espinhaço Meridional. O espécime adulto de *B. alvarengai* (b) foi registrado em campanhas anteriores. Fotos: Ítalo M. Martins (a, c, e, g, h) e Maurício C. M. de Andrade (b, d, f).

Ao longo das amostragens, foram registrados 22 indivíduos machos em atividade de vocalização, pertencentes às espécies *B. martinsi* (n=7), *B. nanuzae* (n=11) e *B. saxicola* (n=4). Nas cavernas do PE do Itacolomi foram registrados sete espécimes de *B. martinsi* apenas por vocalização. Já no PN das Sempre-Vivas, dois indivíduos de *B. nanuzae* foram amostrados apenas por zoofonia. O PN da Serra do Cipó foi o único local onde todas as espécies em atividade vocal foram visualizadas, sendo *B. nanuzae* (n=4) e *B. saxicola* (n=4). Fêmeas e girinos da mesma espécie também foram observados nas cavernas onde os machos vocalizavam. Os girinos dos quatro táxons apresentavam diferentes fases de crescimento, observáveis pela variação de tamanho e coloração, sendo que alguns já tinham os membros posteriores em fase inicial de desenvolvimento. Nenhuma imago (fase intermediária onde o girino apresenta cauda e quatro membros desenvolvidos) foi registrada dentro das cavernas.

Tabela 1: Registros das espécies do gênero *Bokermannohyla* (adultos e girinos) por unidade de conservação. O gênero não foi registrado no Monumento Natural Estadual da Serra da Piedade e na Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira. Legenda: Parque Estadual do Itacolomi (PEI), Parque Nacional da Serra do Gandarela (PNSG), Parque Nacional da Serra do Cipó (PNSC), Parque Nacional das Sempre-Vivas (PNSV), Adulto (A), Girino (G), *Bokermannohyla alvarengai* (B.a.), *B. martinsi* (B.m.), *B. nanuzae* (B.n.) e *B. saxicola* (B.s.).

Espécie	PEI		PNSG		PNSC		PNSV	
	A	G	A	G	A	G	A	G
<i>B.a.</i>								15
<i>B.m.</i>	20	102	33					
<i>B.n.</i>					6	19	8	100
<i>B.s.</i>					5	6		

Referente às litologias das cavernas pesquisadas, todas as cavernas do PN das Sempre-Vivas e do PE do Itacolomi são formadas por rochas quartzíticas. No PN da Serra do Gandarela, metade das cavernas amostradas são quartzíticas e metade em rochas ferruginosas. Nove cavernas no MNE da Serra da Piedade são em rochas ferruginosas e uma quartzítica. No PN da Serra do Cipó, três cavernas são quartzíticas e duas em mármore. Já na APA Morro da Pedreira, todas as cavernas são em mármore. As cavernas ferruginosas e em mármore estudadas não possuem corpos d'água em seu interior. A presença de corpos d'água foi registrada em cavernas do MNE da Serra da Piedade (n=1), PN da Serra do Gandarela

(n=2), PN das Sempre-Vivas (n=3), PN das Sempre-Vivas (n=7) e PE do Itacolomi (n=8), todas quartzíticas.

Duas espécies (*B. nanuzae* e *B. saxicola*), em fase adulta, foram majoritariamente encontradas em cavernas associadas a corpos d'água, diferente de *B. martinsi*, que pôde ser visualizada tanto em cavernas com corpos d'água quanto em cavernas do PN da Serra do Gandarela que careciam de microambientes aquáticos. De modo geral, os três táxons anteriormente citados foram encontrados em cavernas com corpos d'água lóticos. Além de água corrente, foi possível observar também empoçamentos distribuídos ao longo da caverna, onde foram registrados girinos das mesmas espécies encontradas na forma adulta. Referente ao local onde os espécimes foram encontrados, 45 adultos estavam no teto/parede das cavernas, 19 no piso e apenas girinos foram observados dentro d'água.

3.2 Discussão

As espécies registradas no presente estudo são endêmicas da Serra do Espinhaço (SILVEIRA *et al.*, 2019; ETEROVICK *et al.*, 2020). *Bokermannohyla alvarengai* e *B. saxicola* ocorrem desde a Bahia até Minas Gerais (ETEROVICK *et al.*, 2020; BASTOS *et al.*, 2023), *B. martinsi* ocorre predominantemente no Quadrilátero Ferrífero (QF) (SILVEIRA *et al.*, 2019) e *B. nanuzae* ocorre no Espinhaço Meridional, incluindo o QF (WALKER *et al.*, 2015). Essas espécies de anuros habitam áreas com afloramentos rochosos em altitudes elevadas (acima de 800 m), podendo ser quartzíticos (*B. alvarengai*, *B. martinsi*, *B. nanuzae* e *B. saxicola*) ou ferruginosos (*B. alvarengai* e *B. martinsi*), geralmente associados a corpos d'água lóticos com fundo pedregoso e formação de poças (PIMENTA *et al.*, 2014; SILVEIRA *et al.*, 2019; ETEROVICK *et al.*, 2020).

Bokermannohyla nanuzae é um anuro noturno e arborícola, sendo encontrado em matas ciliares e considerado como especialista de ambientes florestais mais preservados (SILVEIRA *et al.*, 2019; ETEROVICK *et al.*, 2020). As demais espécies (*B. alvarengai*, *B. martinsi* e *B. saxicola*) estão associadas a ambientes rochosos (hábito saxícola) (SILVEIRA *et al.*, 2019; ETEROVICK *et al.*, 2020). Os indivíduos desses quatro táxons foram registrados em sua maioria (70%) ocupando locais acima do piso das cavernas (paredes ou tetos), evidenciando a capacidade de escalada dessas espécies. O hábito saxícola de *B. alvarengai*, *B. martinsi* e *B. saxicola* pode ter facilitado o deslocamento e ocorrência dessas espécies em cavernas, onde a maioria do substrato é rochoso, análogo

aos afloramentos rochosos que habitam na superfície. *Bokermannohyla nanuzae*, embora tenha preferência por substratos lenhosos e herbáceos (ETEROVICK *et al.*, 2020), conseguiu ocupar áreas semelhantes, em termos de verticalidade, dentro das cavernas amostradas. *Bokermannohyla martinsi* já foi observada ocupando substratos de diferentes alturas dentro de cavernas, sendo que indivíduos adultos demonstraram maior preferência por locais mais altos, devido à sua maior mobilidade para escalada (ANDRADE *et al.*, 2021). Várias adaptações morfológicas, como discos digitais glandulares e membranas interdigitais, possibilitam a transição entre os ambientes de superfície e subterrâneos, visto que essas espécies encontradas em cavernas são bem adaptadas para o movimento em locais rochosos (BISWAS, 2014).

O sucesso de uma população dentro de qualquer caverna depende da capacidade do anuro de lidar com a escuridão, devendo ser pré-adaptado a essas condições (BISWAS, 2014). Os táxons estudados apresentam pico de atividade durante a noite, deste modo, possuem tais requisitos, como a visão noturna (PIMENTA *et al.*, 2014; SILVEIRA *et al.*, 2019; ETEROVICK *et al.*, 2020). Durante as amostragens, foi observado que a maioria dos espécimes adultos ocupava a zona disfótica das cavernas, desta forma obtendo certa luminosidade, seja da entrada ou de claraboias. A preferência por locais com alguma incidência de luz já foi documentada em outros estudos, inclusive com a atração dos anuros pela luz quando colocados em ambientes totalmente escuros (YOVANOVICH *et al.*, 2017; DONNER; YOVANOVICH, 2020).

Diferente das demais espécies, *B. alvarengai* possui o comportamento de assoalhar, isto é, repousar sobre rochas exposta ao sol durante o dia, mesmo afastada de qualquer corpo d'água, algo incomum entre os anfíbios (TATTERSALL *et al.*, 2006). No presente estudo, apenas girinos de *B. alvarengai* foram encontrados dentro das cavernas, diferente das demais espécies que também ocorreram na fase adulta. Possivelmente dois fatores podem ter contribuído para a ausência de adultos dentro das cavernas durante a amostragem. Primeiro, a capacidade de *B. alvarengai* termorregular em ambientes em contato direto com o sol, devido às adaptações como mudança de coloração e características da pele, que evitam a perda de água (TATTERSALL *et al.*, 2006). Segundo, visto que essa espécie se reproduz em riachos de campos rupestres entre os meses de outubro a dezembro, no momento do estudo ela se encontrava em período reprodutivo e deve ter se deslocado para ambientes externos (PIMENTA *et al.*, 2014; ETE-

ROVICK *et al.*, 2020). Vale ressaltar que em visitas técnicas preliminares ao estudo, foram avistados indivíduos adultos dessa espécie em repouso dentro de cavernas nos meses de agosto e setembro de 2022, fora da estação chuvosa. Como no momento do estudo foram realizadas atividades de campo somente no período chuvoso, ainda não há como prever se *B. alvarengai* utiliza ambientes subterrâneos em sua fase adulta apenas no período de seca.

Duas espécies (*B. martinsi* e *B. nanuzae*) foram registradas em atividade de vocalização em cinco cavernas com cursos d'água subterrâneos que não apresentam conexão à montante com outros corpos d'água externos. *Bokermannohyla nanuzae* foi registrada vocalizando em uma caverna do PN das Sempre-Vivas e *B. martinsi* em quatro cavernas do PE do Itacolomi. Além disso, juntamente com machos adultos vocalizando, nessas cavernas também foram registrados girinos e fêmeas das mesmas espécies. Essas evidências mostram que *B. nanuzae* e *B. martinsi* se reproduzem dentro dessas cavernas, visto que não há curso d'água externo que pode carrear os girinos para as cavidades através da correnteza ou trombas d'água. Diferente de *B. martinsi* e *B. nanuzae*, foram registrados machos vocalizando e girinos de *B. saxicola* em uma caverna do PN da Serra do Cipó, mas essa possui um curso d'água perene que a atravessa. Assim, não se pode afirmar que a espécie reproduziu nessa caverna pois os girinos registrados podem ser tanto oriundos do meio externo quanto da reprodução dentro da caverna.

Lima *et al.* (2014) observaram que *B. nanuzae* deposita seus ovos em fendas na rocha com água ou em poças à beira de riachos entre as pedras. Já Eterovick *et al.* (2020) relataram o comportamento de *B. saxicola* vocalizar sobre pedras próximas a quedas d'água e corredeiras a poucos centímetros da água, comportamento também observado em cavernas durante o presente estudo. Há registros de machos adultos de *B. martinsi* vocalizando dentro de fendas de rochas em contato com a água (SILVEIRA *et al.*, 2019), comportamento que pode reforçar a reprodução da espécie neste tipo de ambiente. Portanto, os ambientes subterrâneos são ricos em micro-habitats semelhantes aos escolhidos para a desova dessas espécies.

Os registros realizados em cavernas em rochas quartzíticas com corpos d'água mostram que *B. martinsi*, *B. nanuzae* e *B. saxicola* podem se reproduzir ali, já que apresentam características ambientais propícias para sua reprodução. A presença de cursos d'água, associada à inclinação e morfologia das ver-

tentes, facilita a gênese e ocorrência de cavernas em rochas quartzíticas nesses locais (FABRI; COELHO, 2015). As cavernas em rochas ferruginosas pesquisadas no PN da Serra do Gandarela não apresentam cursos d'água em seu interior devido ao posicionamento altimétrico na paisagem, acima de 1.500 metros, estando próximas ao topo do relevo (PILÓ *et al.*, 2015). Apesar disso, 88% (n=29) dos espécimes adultos de *B. martinsi* foram observados nessas cavernas. A espécie utiliza essas cavernas como abrigo climático, principalmente no período de seca (ANDRADE *et al.*, 2021). Andrade *et al.* (2021) também observaram que *B. martinsi* apresenta uso contínuo de cavernas em rochas ferruginosas ao longo do ano, sendo alta a fidelidade dos indivíduos aos abrigos em que foram encontrados. Porém, durante a estação chuvosa, os indivíduos dessa espécie precisam sair dessas cavernas para encontrar locais adequados para reprodução.

A vocalização de muitas espécies de anuros é utilizada como forma de competição entre machos e para assegurar o território e a atenção das fêmeas (WELLS, 1978; ROITHMAIR, 1994). *Bokermannohyla martinsi* apresenta comportamentos territoriais como a fidelidade de sítios para a reprodução e combate entre machos (MAGALHÃES *et al.*, 2018). Ao longo das amostragens, foram registrados mais de um macho de *B. martinsi*, *B. nanuzae* e *B. saxicola* vocalizando nas cavernas, sendo que esses nunca estavam próximos entre si. As cavernas em rochas quartzíticas amostradas no presente estudo demonstram potencial para abrigar essas espécies e condições para a atividade reprodutiva, como a presença de cursos d'água, diferente das cavernas em rochas ferruginosas. Assim, são locais valiosos que possibilitam demarcação de território por vocalização dos machos.

As quatro espécies aqui registradas, além de endêmicas, são consideradas indicadoras de qualidade ambiental (SILVEIRA *et al.*, 2019). Ademais, *B. martinsi* é considerada como Quase Ameaçada de extinção nacionalmente (ICMBIO, 2023). Essas informações demonstram a importância do entendimento de como essas espécies utilizam seu ambiente, visto que os ambientes que ocupam sofrem grandes pressões antrópicas, como a perda de habitat causada pela atividade minerária. As cavernas em rochas ferruginosas presentes no entorno do PN da Serra do Gandarela encontram-se vulneráveis pela crescente atividade minerária, sendo que cavernas onde havia registro de *B. martinsi* já foram suprimidas (Maurí-

cio Andrade, obs. pess.). As cavernas brasileiras em rochas ferruginosas se encontram em situação delicada, dado que as políticas públicas priorizam muitas vezes a caverna em si e não as espécies que ali ocorrem (ZEPPELINI *et al.*, 2022). Desta forma, estudos que demonstram a relação dos organismos com estes ambientes influenciam nas tomadas de decisões que podem conduzir à proteção das espécies e dos ambientes subterrâneos de forma eficaz.

4. CONCLUSÕES

Os quatro táxons do gênero *Bokermannohyla* observados neste estudo apresentam características morfológicas e ecológicas que não só possibilitaram sua ocupação em cavernas, mas também o uso em processos mais relevantes para sua história natural, como a reprodução no caso de *B. martinsi* e *B. nanuzae*. As diferentes formas que esses táxons utilizam as cavernas é um fator relevante, pois demonstra que esses ambientes são importantes em mais de um processo ecológico, dependendo da espécie.

Estudos que levem em consideração as características ecológicas e comportamentais das espécies encontradas em cavernas são necessários para elucidar o papel dos ambientes subterrâneos nos ciclos de vida e história natural dos vertebrados. O estudo de anuros em cavernas é crucial para a compreensão dessas dinâmicas e assim contribuir para o planejamento de medidas protetivas para ambos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos gestores e funcionários do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Parque Nacional das Sempre-Vivas, Núcleo de Gestão Integrada (NGI) - ICMBio Cipó-Pedreira, Parque Estadual do Itacolomi, Monumento Natural Estadual da Serra da Piedade e Santuário Basílica Nossa Senhora da Piedade pelo auxílio e permissão para as atividades de campo. Às equipes do SISBio/ICMBio e do IEF-MG pelas autorizações para atividades com finalidade científica. O projeto utilizou recursos financeiros do Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica (TCCE ICMBio/Vale Nº 01/2018), firmado entre a Vale S.A. e o Instituto Chico Mendes de Conservação para a Biodiversidade (ICMBio), com gestão operacional realizada pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), a quem os autores também agradecem.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. M.; COSTA, J. C. R.; ETEROVICK, P. C. Fidelity in the use of iron caves by *Bokermannohyla martinsi* (Anura: Hylidae): a step further in unveiling the importance of Brazilian caves for the herpetofauna. **Salamandra**, v. 57, n. 4, p. 502-512, 2021.
- ANDRADE, M. C. M.; MARTINS, Í. M.; SILVA, T. C. Ocorrência de vertebrados em cavernas da Serra do Espinhaço Meridional. 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.061-068. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais36cbe/36cbe_061-068.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2023.
- BASTOS, R. P. *et al.* 2023. **Bokermannohyla saxicola (Bokermann, 1964). Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE.** Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2023.
- BICHUETTE, M. E. *et al.* Frogs of seven granitic caves on Santa Catarina Island, Florianópolis Municipality, Santa Catarina State, southern Brazil. **Herpetology Notes**, v. 15, p. 353-359, 2022.
- BISWAS, J. Occurrence and distribution of cave dwelling frogs of peninsular India. **Ambient Science**, v. 1, n. 2, p. 17-25, 2014.
- CAMPOS, A. L. S.; ANDRADE, M. C. M.; COSTA, J. C. R. Ocorrência sazonal da anurofauna em cavidades naturais ferruginosas das serras do Gandarela e do Rola Moça, MG. In: IX Seminário de Pesquisa e IX Encontro de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2017. Brasília/DF. **Anais...** Brasília: ICMBio, 2017. p.104-105.
- CULVER, D. C.; PIPAN, T. **The biology of caves and other subterranean habitats.** Oxford University Press, 2019. 336 p.
- DIESEL, R.; BÄURLE, G.; VOGEL, P. Cave breeding and froglet transport: a novel pattern of anuran brood care in the Jamaican frog, *Eleutherodactylus cundalli*. **Copeia**, v. 1995, n. 2, p. 354-360, 1995.
- DONNER, K.; YOVANOVICH, C. A. M. **A frog's eye view: Foundational revelations and future promises. In: Seminars in Cell & Developmental Biology.** Academic Press, 2020. Cap. 3, p. 72-85.
- ETEROVICK, P. C.; SOUZA, A. M.; SAZIMA, I. **Anfibios anuros da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil.** 1. ed. Belo Horizonte. 2020. 292 p.
- FABRI, F.; COELHO, A. Cavernas em Quartzito. In: AULER, A. *et al.* **Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional.** Belo Horizonte: Carste Ciência e Meio Ambiente, 2015, p.107-151.
- FAIVOVICH, J. *et al.* Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. **Bulletin of the American Museum of natural History**, v. 2005, n. 294, p. 1-240, 2005.
- FARAONE, F. P.; VALVO, M. L. First data on cave breeding in *Discoglossus pictus* Otth, 1837 (Anura, Alytidae). **Alytes**, v. 35 (1-4), p. 43-47, 2018.
- GOUVEIA, S. F. *et al.* *Rhinella jimi* (Cururu toad) and *Leptodactylus vastus* (Northeastern pepper frog). Predation on bats. **Herpetological review**, v. 40, n. 2, p. 210, 2009.
- HADDAD, C. F. B. *et al.* **Guia dos anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia.** Anolis books, 2013. 554p.
- ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Avaliação do Risco de Extinção de Bokermannohyla martinsi (Bokermann, 1964) no Brasil.** In: Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. ICMBio, 2023. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 27 mar. 2023.

- LIMA, A. M. X.; ARAUJO, C. O.; VERDADE, V. K. Cycloramphus eleutherodactylus (Alto button frog): Calling among rocks and caves. **Herpetological Bulletin**, v. 120, p. 39-42, 2012.
- LIMA, N. G. S.; GONTIJO, A. S. B.; ETEROVICK, P. C. Breeding behaviour of Bokermannohyla nanuzae (Anura: Hylidae) at an Atlantic Forest site in southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 48, n. 23-24, p. 1439-1452, 2014.
- LUNGHI, E.; MANENTI, R.; FICETOLA, G. F. Do cave features affect underground habitat exploitation by non-troglobite species? **Acta Oecologica**, v. 55, p. 29-35, 2013.
- LURÍA-MANZANO, R.; RAMÍREZ-BAUTISTA, A. Diet comparison between rainforest and cave populations of Craugastor alfredi (Anura: Craugastoridae): does diet vary in contrasting habitats? **Journal of Natural History**, v. 51, n. 39-40, p. 2345-2354, 2017.
- MAGALHÃES, R. F. *et al.* Sexual dimorphism in Bokermannohyla martinsi (Bokermann, 1964) (Anura, Hylidae) with a report of male–male combat. **South American Journal of Herpetology**, v. 13, n. 2, p. 202-209, 2018.
- MATAVELLI, R. *et al.* Occurrence of anurans in Brazilian caves. **Acta Carsologica**, v. 44, n. 1, 2015.
- PILÓ, L. B. *et al.* Geoespeleologia em Rochas Ferríferas: Cenário Atual e Conservação. In: CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y. (Org.). **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. Cap. 5, p. 125-148.
- PIMENTA, B. *et al.* **Anfíbios: Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Dom Joaquim - Minas Gerais**. Bicho do Mato, Belo Horizonte, Brasil, 2014. 196 p.
- PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). **Papéis avulsos de Zoologia**, v. 39, n. 6, p. 61-173, 1995.
- RESETARITS, J. R.; WILLIAM, J. Ecology of cave use by the frog, Rana palustris. **American Midland Naturalist**, p. 256-266, 1986.
- ROITHMAIR, M. E. Male territoriality and female mate selection in the dart-poison frog Epipedobates trivittatus (Dendrobatidae, Anura). **Copeia**, p. 107-115, 1994.
- ROSA, G.; PENADO, A. Rana iberica (Boulenger, 1879) goes underground: subterranean habitat usage and new insights on natural history. **Subterranean Biology**, v. 11, p. 15-29, 2013.
- SANTOS, T. *et al.* Anfíbios e Répteis. In. ZAMPAULO, R. A.; PROUS, X. (Org.). **Fauna Cavernícola do Brasil**. Belo Horizonte. MG: Rupestre, 2022a. Cap. 24, p. 490-509.
- SANTOS, T. *et al.* Going Underground: What the Natural History Traits of Cave Users Can Tell Us about Cave Use Propensity. **Journal of Herpetology**, v. 56, n. 2, p. 153-163, 2022b.
- SEGALLA, M. V. *et al.* List of Brazilian Amphibians. **Herpetologia Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 121-216. 2021.
- SILVEIRA, A. L. *et al.* **Anfíbios do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais): atualização do conhecimento, lista comentada e guia fotográfico**. Belo Horizonte: Editora Rupestre, 448p. 2019.
- SOARES, L. G. S. *et al.* Fauna de invertebrados em cavernas de calcário na região de Córrego Fundo, Minas Gerais, Brasil. **Revista Eletrônica de Biologia**, v. 6, p. 48-68. 2013.
- TATTERSALL, G. J.; ETEROVICK, P. C.; DE ANDRADE, D. V. Tribute to RG Boutilier: skin colour and body temperature changes in basking Bokermannohyla alvarengai (Bokermann 1956). **Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. 7, p. 1185-1196, 2006.
- TRAJANO, E. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. **Revista brasileira de**

Zoologia, v. 3, p. 533-561, 1986.

TRAJANO, E.; GNASPINI-NETTO, P. Composição da fauna cavernícola brasileira, com uma análise preliminar da distribuição dos táxons. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 7, p. 383-407, 1990.

TYLER, M. J.; DAVIES, M. A new species of cave-dwelling, hylid frog from Mitchell Plateau, Western Australia. **Transactions of The Royal Society of South Australia**, v. 103, p. 149-153, 1979.

VAZ-SILVA, W. *et al.* A new cryptic species of Oreobates (Anura: Craugastoridae) from the seasonally dry tropical forest of central Brazil. **Zootaxa**, v. 4441, n. 1, p. 89-108, 2018.

ZEPPELINI, D. *et al.* Hotspot in ferruginous rock may have serious implications in Brazilian conservation policy. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 14871, 2022.

WALKER, M. *et al.* Morphological variation, advertisement call, and tadpoles of *Bokermannohyla nanuzae* (Bokermann, 1973), and taxonomic status of *B. feioi* (Napoli & Caramaschi, 2004) (Anura, Hylidae, Cophomantini). **Zootaxa**, v. 3937, n. 1, p. 161-178, 2015.

WELLS, K. D. Territoriality in the green frog (*Rana clamitans*): vocalizations and agonistic behaviour. **Animal Behaviour**, v. 26, p. 1051-1063, 1978.

YOVANOVICH, C. A. M. *et al.* The dual rod system of amphibians supports colour discrimination at the absolute visual threshold. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 372, n. 1717, p. 20160066, 2017.