



**UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA BIOLÓGICA – DQB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR – PPBM**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM BIOPROSPECÇÃO MOLECULAR**

**HEITOR TAVARES DE SOUSA MACHADO**

**A INFECÇÃO PARASITÁRIA INFLUENCIA OS PARÂMETROS ACÚSTICOS  
DE ESPÉCIES DE ANFÍBIOS ANUROS DO PARQUE NACIONAL DE  
UBAJARA?**

**FEVEREIRO/2020**

**CRATO – CE**

HEITOR TAVARES DE SOUSA MACHADO

A INFECÇÃO PARASITÁRIA INFLUENCIA OS PARÂMETROS ACÚSTICOS DE  
ESPÉCIES DE ANFÍBIOS ANUROS DO PARQUE NACIONAL DE UBAJARA?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Regional do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Bioprospecção Molecular. Área de concentração: Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila

Coorientador: Prof. Dr. André Pansonato

FEVEREIRO/2020

CRATO – CE

HEITOR TAVARES DE SOUSA MACHADO

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Regional do Cariri – URCA  
Bibliotecária: Ana Paula Saraiva CRB: 3/1000

Machado, Heitor Tavares de Sousa.  
M149i A infecção parasitária influencia os parâmetros acústicos de espécies de anfíbios anuros do Parque Nacional de Ubajara?/ Heitor Tavares de Sousa Machado. – Crato-CE, 2020  
62p.; il.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular da Universidade Regional do Cariri – URCA, Área de Concentração: Biodiversidade  
Orientador: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila  
Coorientador: Prof. Dr. André Pansonato

1. Anfíbios, 2. Ceará, 3. Helmintos, 4. Parasito-hospedeiro, 5. Vocalização; I. Título.

CDD: 597.8

HEITOR TAVARES DE SOUSA MACHADO

**A INFECÇÃO PARASITÁRIA INFLUENCIA OS PARÂMETROS ACÚSTICOS  
DE ESPÉCIES DE ANFÍBIOS ANUROS DO PARQUE NACIONAL DE  
UBAJARA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Regional do Cariri, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Bioprospecção Molecular. Área de concentração: Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Robson Waldemar Ávila  
Coorientador: Prof. Dr. André Pansonato

Apresentada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Robson Waldemar Avila (Orientador)

---

Prof. Dr. André Pansonato (Coorientador)

---

Prof. Dr. Waltécio de Oliveira Almeida (Membro Interno I)

---

Prof. Dra. Renata Perez Maciel (Membro Externo)

---

Prof. Dr. Francisco Assis Bezerra da Cunha (Suplente I)

FEVEREIRO/2020  
CRATO – CE

*In memoriam, Vovô Geraldo.*

## AGRADECIMENTOS

Não estando sozinho nessa jornada, que acredito ser apenas a segunda etapa, a Deus minha imensa gratidão, pela saúde física e espiritual, pelas conquistas tanto pessoais quanto profissionais, por tudo o que me possibilitou construir e desconstruir no âmbito acadêmico e fora de suas fronteiras.

Minha eterna gratidão, aos meus queridos pais, Aparecida e Geraldo, por todas as gotas de suor e sangue derramado para que eu pudesse subir mais um degrau da escada. Em especial a minha mãe, por ter sido uma grande guerreira, sendo perseverante e forte, apesar das complicações da vida. A senhora tem grande participação na minha vida. Meu pai, obrigado por ser companheiro e amigo estando sempre ao meu lado. Os/as senhores/as são bênção, luz, aconchego e proteção.

As minhas irmãs, Sara e Clara pela força, apoio moral. Gratidão a Sara, com quem divido as atividades do lar. Sei que às vezes sou difícil de conviver, porém, apesar das discussões, amo muito vocês e sou muito orgulhoso de ser seu irmão. A meu mano Samuel, pelas brincadeiras, conversas e uma vida de aventuras. Valeu irmão! Obrigado pela disponibilidade de ir para campo comigo.

A minha querida Poliana, que além de namorada, parceira é também a minha amiga. Você tem grande contribuição na minha carreira acadêmica. Suas palavras de conforto e incentivos, fortaleceu meu projeto de vida, acadêmico e profissional. Obrigado por toda ajuda, paciência, dedicação e pelos incentivos que me destes. Obrigado por falar: Já leu o edital? Obrigado, Amor! Amo-te!

Ao meu professor orientador, Robson Waldemar Ávila, por desde o primeiro momento aceitar a minha proposta e fazer da orientação um espaço possível e passível de análises edificantes. Obrigado também, por ceder espaço e material necessário para o meu trabalho, como também me fornecer orientações práticas e teóricas durante a minha carreira acadêmica. Participando nos ensinamentos da minha pesquisa, agradeço ao meu coorientador, André Pansonato, por todas as instruções valiosas que recebi.

Às/aos meus/minhas queridos/as companheiros/as e amigos/as de laboratório, Aldenir, Cristiana, Darciana, Dalilange, Edna, Léo, Rosa, Samanta, Silvilene e Yanne pelas grandes contribuições e ensinamentos que adquiri junto a vocês. Obrigado também aos “caras” Gustavo, Herivelto, Ricardo, Kaique, Kássio e Whanderson pelo companheirismo que tivemos para além laboratório.

Ao meu querido e amado avô (Vô Geraldo), *in memoriam*, pelas várias conversas que tivemos juntos, pelas brincadeiras e aventuras que passamos, pelos gestos de carinho e pelos vários ensinamentos. Obrigado meu avô, o senhor sempre me apoiou e esteve ao meu lado em diversos momentos da minha vida, onde ninguém mais estava. Minha eterna gratidão, o senhor sempre estará comigo.

À Universidade Regional do Cariri, pela minha estadia desde 2014. Ao Laboratório de Herpetologia por ter fornecido equipamentos, abrigo e suporte para realização do meu trabalho.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa concedida, sem ela, minha vida teria sido bem mais difícil. Graças a esse apoio financeiro, conseguir me manter na universidade, comer, pagar aluguel e outras despesas.

Enfim, sem a contribuição de vocês, a batalha seria bem mais complexa.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> –	Relação entre a abundância de parasitos no pulmão e a duração do canto, na espécie <i>L. troglodytes</i> . DC: duração do canto. PUL: pulmão.....	30
<b>Gráfico 2</b> –	Relação entre abundância de parasitos no intestino grosso e o intervalo do canto, na espécie <i>L. fuscus</i> . IG: Intestino grosso. IC: Intervalo de canto.....	31
<b>Gráfico 3</b> –	Relação entre a abundância de parasitos no intestino delgado e o intervalo de canto, na espécie <i>P. cuvieri</i> . IC: Intervalo do canto. ID: Intestino delgado.....	31
<b>Gráfico 4</b> –	Relação entre a abundância de parasitos no intestino delgado e a duração do canto, na espécie <i>L. mystaceus</i> . ID: Intestino delgado. DC: Duração do canto.....	32

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1</b> –	Mapa da região do Parque Nacional de Ubajara – CE.....	24
-------------------	--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Parâmetros acústicos das espécies <i>Leptodactylus troglodytes</i> , – <i>Leptodactylus fuscus</i> <i>Leptodactylus mystaceus</i> e <i>Physalaemus cuvieri</i> .....	26
<b>Tabela 2</b>	Helmintos encontrados em <i>Leptodactylus troglodytes</i> , – <i>Leptodactylus fuscus</i> <i>Leptodactylus mystaceus</i> e <i>Physalaemus cuvieri</i> no Parque Nacional de Ubajara.....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

**CAV** – Cavidade.

**CRC** – Comprimento Rostro-Cloacal.

**DC** – Duração do Canto.

**EP** – Erro Padrão.

**EST** – Estômago.

**FD** – Frequência Dominante.

**FMÁX** – Frequência Máxima.

**FMIN** – Frequência Mínima.

**IC** – Intervalo do Canto.

**ID** – Intestino Delgado.

**IG** – Intestino Grosso.

**IMI** – Intensidade Média de Infecção.

**NC** – Notas por Canto.

**P** – Pulmão.

**P%** - Prevalência.

**PNU** – Parque Nacional de Ubajara.

**SBH** – Sociedade Brasileira de Herpetologia.

**URCA** – Universidade Regional do Cariri.

**URCA-H** – Laboratório de Herpetologia da Universidade Regional do Cariri.

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO.</b> ....	<b>10</b>
<b>INTERAÇÃO PARASITO HOSPEDEIRO</b> .....	<b>11</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>13</b>
<b>MANUSCRITO 1: A CARGA PARASITÁRIA MODIFICA OS PARÂMETROS ACÚSTICOS DE QUATRO ESPÉCIES DE ANUROS DO PARQUE NACIONAL DE UBAJARA – CE?</b> .....	<b>18</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.</b> .....	<b>19</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
2.1. Área de estudo .....	22
2.2. Coleta de dados.....	23
2.3. Análises estatísticas. ....	24
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>4. DISCUSSÃO.</b> .....	<b>30</b>
<b>6. AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>35</b>
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>35</b>

## INTRODUÇÃO

Em algumas comunidades de animais é necessário um mecanismo de comunicação para que ocorram todas as interações sociais (GOODENOUGH *et al.*, 1993). De acordo com Hailman (1977), a comunicação é uma transferência de informações por meio de um sinal e por um canal entre emissor e receptor. Nos anfíbios, a comunicação se dá por sinais visuais, químicos, táteis e acústicos, sendo este último, o mais difundido entre as espécies de anuros (WELLS, 2007). O autor explica que a comunicação acústica tem importante papel nas interações sociais refletindo na biologia reprodutiva, onde os machos através da vocalização, gastam boa parte de suas reservas energéticas para atração de fêmeas e conquista de território. Tais sinais acústicos carregam informações sobre a identidade, a localização e as condições morfofisiológicas do emissor (GERHARDT e BEE, 2007; WELLS, 2007). Dessa maneira, os machos emitem sons característicos que podem auxiliar no reconhecimento específico, seleção sexual, orientação, bem como, na definição de conflitos territoriais (WELLS, 1977; RYAN e RAND, 2001; WELLS e SCHWARTZ, 2006).

O canto de anúncio é o mais utilizado pelos machos, pois contém informações importantes para o reconhecimento específico (GERHARDT, 1983, RYAN, 1985, COCROFT e RYAN 1995; WELLS, 2007). Através desse, ocorre a interação de corte entre os casais de uma mesma espécie e as disputas por fêmeas entre os machos, que podem ser resolvidas sem ser necessário o confronto direto (DAWKINS, 1989). Além da importância para a espécie, o canto de anúncio também tem a sua importância para o ponto de vista taxonômico, uma vez que pode ser utilizado na identificação das espécies (HEYER e JUNCÁ, 2003; BERNAL *et al.*, 2004).

Nos anuros, o sistema de acasalamento é baseado pela preferência da fêmea (WELLS, 2007). Elas observam os traços acústicos dos cantos emitidos pelos machos para completar o processo de escolha do parceiro sexual (WELLS, 2007). Nesse sentido, alguns detalhes e características são de fundamental relevância para o sucesso reprodutivo dos machos (MÁRQUEZ e BOSCH, 2001; PRÖHL, 2003; RON, 2008). Márquez *et al.* (2008) reforçam que as fêmeas possuem favoritismo por machos com vocalizações duradouras e por aqueles mais ativos, isto é, aqueles que realizam cantos com maior duração.

Além das variações ocorridas na vocalização devido a preferência da fêmea, a atividade reprodutiva dos anuros é fortemente influenciada por fatores climáticos, como

temperatura e pluviosidade (AICHINGER, 1987; GUIX, 1996). Esse fenômeno ocorre devido a dependência de água e da umidade para se reproduzir (HADDAD & PRADO, 2005; VITT e CALDWELL, 2009; HADDAD *et al.*, 2013). Desse modo, algumas interferências na propagação do sinal acústico causa a perda de informações de certas características no sinal, prejudicando, assim, a preferência da fêmea pelo macho emissor (WARREN e MADHUSUDANKATTI, 2006; LENGAGNE, 2008; CROOKS e FRISTRUP, 2010). Além das alterações causadas por mudanças climáticas (MADELAIRE *et al.*, 2013) encontraram uma relação desarmônica, cuja presença de parasitas afetou as taxas de reprodução, visto em *Boana prasinus*.

## **INTERAÇÃO PARASITO-HOSPEDEIRO**

Durante muito tempo, os parasitologistas focaram seus estudos em patologias causadas por parasitas, controle de pragas, agentes causadores de doenças e descrições de ciclos de vida e informações parasitológicas (ZUK e STOEHR, 2002,). Com o passar dos anos, os aspectos da biologia e da ecologia dos parasitas começaram a ser explorados por ecólogos e evolucionistas e, com isso, a relação parasita-hospedeiro começou a ser disponibilizada (MADELAIRE *et al.*, 2013; LIMA *et al.*, 2013; BAKKER e HELM, 2015).

A interação que o parasita exerce, ocasiona efeitos negativos no hospedeiro, apresentando um estágio de co-adaptação ecológica, onde o parasita procura um equilíbrio na interação parasitária que resulta em uma co-evolução para um prolongamento da vida do hospedeiro (LIMA *et al.*, 2013). A infecção parasitária é frequentemente associada com alterações fisiológicas nos hospedeiros que podem alterar o seu desempenho reprodutivo (SCHULTZ *et al.*, 2006). As taxas de vocalizações estão correlacionadas com os níveis plasmáticos de esteroides imunossupressores aumentando a probabilidade de maior intensidade do parasita (FOLSTAD e KARTER, 1992; WINGFIELD, 1994; EMERSON e HESS, 1996; LEARY *et al.*, 2005). Por exemplo: os nematoides se alimentam dos nutrientes presentes no conteúdo intestinal (QUINNELL *et al.*, 1990), logo, deixa-se o hospedeiro com menos energia para as suas respostas imunológicas (LOCHMILLER e DEERENBERG, 2000). Além disso, com a deficiência energética restará menos energia para ser alocada na reprodução (BOLLACHE *et al.*, 2001), levando ao comprometimento da fecundidade do animal parasitado (SCHÜPBACH e BAUR, 2008). Hurd (2001), explica que a redução da fecundidade

devido a infecção parasitária é um resultado esperado e pode ser considerado um produto de alguma doença debilitante devido à infecção do parasita. Assim, a infecção parasitária é geralmente associada a um desequilíbrio de energia e nutrientes, pois os custos aumentam com a resposta imunológica na reparação dos danos causados pela infecção (LOCHMILLER e DEERENBERG, 2000; TINSLEY *et al.*, 2002; KRISTAN e HAMMOND, 2004).

Se um macho vocalmente ativo está infectado por parasitas, o gasto energético na resposta imunológica irá aumentar, por conseguinte, restará menos energia para ser alocada na vocalização, podendo ocasionar interferências na comunicação acústica (MINCHELLA, 1985; SCHULTZ *et al.*, 2006). Como a preferência das fêmeas é baseada em características da vocalização de anúncio (frequência dominante, número de pulsos, duração, e taxa de repetição) das espécies de anuros, a qualidade do macho emissor pode ser avaliada e recusada pela fêmea (SULLIVAN *et al.*, 1995; GERHARDT e HUBER, 2002; GUIMARÃES *et al.*, 2003).

## REFERÊNCIAS

- AICHINGER, M. Annual activity patterns of anuran in a seasonal neotropical environment. **Oecologia**, v. 71, n. 4, p. 583-592, 1987.
- BERNAL, M. H.; MONTEALEGRE, D. P.; PAEZ, C. A. Estudio de la vocalización de trece especies de anuros del municipio de Ibagué, Colombia. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias**, v. 28, n. 108, p. 385-390, 2004.
- BOLLACHE, L.; GAMBADE, G.; CÉZILL, Y. F. The effects of two acanthocephalan parasites, *Pomphorhynchus laevis* and *Polymorphus minutus*, on pairing success in male *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 49, n. 4, p. 296-303, 2001.
- COCROFT, R. B.; RYAN, M. J. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. **Animal behaviour**, v. 49, n. 2, p. 283-303, 1995.
- DAWKINS, R. **The Selfish Gene**. United Kingdom. 1989, 385p.
- EMERSON, S. B.; HESS, D. L. The role of androgens in opportunistic breeding tropical frogs. **General and Comparative Endocrinology**, v. 103, n. 2, p. 220-230, 1996.
- FOLSTAD, I.; KARTER, A. J. Parasites, Bright Males, and the Immunocompetence Handicap. **The American Naturalist**, v. 139, n. 2, p. 603-622, 1992.
- GERHARDT, H. C. Communication in the environment. In: \_\_\_\_\_. HALLIDAY, T. R.; SLATER, P. J. B. **Animal behaviour**. Blackwell Scientific Publications: Oxford. 1983, p. 82-113, 1983.
- GERHARDT, H. C. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. **Animal behaviour**, v. 42, n. 4, p. 615-635, 1991.
- GERHARDT, H. C. The evolution of vocalization in frogs and toads. **Annual Review of Systematics**, v. 25, n. 1, p. 293-324, 1994.
- GOODENOUGH, J.; MCGUIRE, B.; WALLACE, R. A. **Perspectives on Animal Behaviour**, New York, Wiley, 1993
- GUIX, J. C. Actividad invernal de anuros en tres sierras del sudeste de Brasil. **Boletín de la Asociación Herpetológica Española**, v. 7, n. 1, p. 31-34, 1996.
- HADDAD, C. F. B.; PRADO, C. P. A. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **BioScience**, v. 55, n. 3, p. 207-217, 2005.
- HADDAD, C. F. B. 2013. **Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia**. São Paulo: Anolisbooks, p. 544, 2013.
- HAILMAN, JP. 1977. Optical signals: **Animal communication and light**. Bloomington: Indiana University Press. 362 p.

HEYER, W. R.; JUNCA, F. A. Primeiro registro de *Leptodactylus caatingae* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) para o estado do Ceará, Brasil: Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v. 7, p. 153-156, 2003.

HURD, H. Host fecundity reduction: a strategy for damage limitation? **Trends in parasitology**, v. 17, n. 8, p. 363-368, 2001.

KLUMP, G. M.; GERHARDT, H. C. Use of non-arbitrary acoustic criteria in mate choice by female gray tree frogs. **Nature**, v. 326, n. 6110, p. 286-288, 1987.

KRISTAN, D. M.; HAMMOND, K. A. Morphological plasticity varies with duration of infection: evidence from lactating and virgin wild-derived house mice (*Mus musculus*) infected with an intestinal parasite (*Heligmosomoides polygyrus*; Nematoda). **Journal of Experimental Biology**, v. 207, n. p. 2351-2360, 2004.

LEARY, C. J.; GARCIA, A. M.; KNAPP, R. Elevated corticosterone levels elicit non-calling mating tactics in male toads independently of changes in circulating androgens. **Hormones and Behavior**, v. 49, n. 4, p. 425-432, 2005.

LENGAGNE, T. Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran, *Hyla arborea*. **Biological Conservation**, v. 141, n. 8, p. 2023-2031, 2008.

LIMA, N. R. W. **História de Castradores Parasitários e seus Hospedeiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, p. 96, 2014.

LOCHMILLER, R. L.; DEERENBERG, C. 2000. Trade- offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity? **Oikos**, v. 88, n. 1 87-98, 2000.

MADELAIRE, C. B.; DA SILVA, R. J.; GOMES, F. R. Calling behavior and parasite intensity in treefrogs, *Hypsiboas prasinus*. **Journal of Herpetology**, v. 47, n. 3, p. 450-455, 2013.

MÁRQUEZ, R., BOSCH, J., EEKHOUT, X. Intensity of female preference quantified through playback setpoints: call frequency versus call rate in midwife toads. **Animal Behaviour**, v. 75, n. 1, p. 159-166, 2008.

MARTINEZ-BAKKER, M.; HELM, B. The influence of biological rhythms on host-parasite interactions. **Trends in ecology & evolution**, v. 30, n. 6, p. 314-326, 2015.

MINCHELLA, D. J. Host life-history variation in response to parasitism. **Parasitology**, v. 90, n. 1, p. 205-216, 1985.

MORAND, S.; GUÉGAN, J. F. How the biodiversity sciences may aid biological tools and ecological engineering to assess the impact of climatic changes. **Revue scientifique et technique**, 27: p. 355-366, 2008.

PRÖHL, H. Variation in male calling behaviour and relation to male mating success in the strawberry poison frog (*Dendrobates pumilio*). **Ethology**, v. 109, n. 4, p. 273-290, 2003.

PÜTTKER, T.; PARDINI, R.; MEYER-LUCHT, Y.; SOMMER, S. Responses of five small mammal species to micro-scale variations in vegetation structure in secondary Atlantic Forest remnants, Brazil. **BMC ecology**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2008.

QUINNELL, R. J.; MEDLEY, G. F.; KEYMER, A. E. The regulation of gastrointestinal helminth populations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 330, n. 1257, p. 191-201, 1990.

RON, S. R. The evolution of female mate choice for complex calls in túngara frogs. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 6, p. 1783-1794, 2008.

RYAN, M. J.; KEDDY-HECTOR, A. Directional patterns of female mate choice and the role of sensory biases. **The American Naturalist**, v. 139, p. 4-35, 1992.

RYAN, M. J. **The túngara frog: a study in sexual selection and communications**. University of Chicago Press, Chicago, 1985.

RYAN, M. J. **Anuran Communication**. Smithsonian Institution Press, Washington, London, p. 252, 2001.

RYAN, M. J. **Communication in frogs and toads**. In: Squire LR (ed.). *Encyclopedia of Neuroscience*. Academic Press, Oxford, USA, 2: 1159-1166, 2009.

SCHULTZ, E. T.; TOPPER, M.; HEINS, D. C. Decreased reproductive investment of female threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* infected with the cestode *Schistocephalus solidus*: parasite adaptation, host adaptation, or side effect? **Oikos**, v. 114, n. 2, p. 303-310, 2006.

SCHÜPBACH, H. U.; BAUR, B. Parasitic mites influence fitness components of their host, the land snail *Arianta arbustorum*. **Invertebrate Biology**, v. 127, n. 3, p. 350-356, 2008.

TINSLEY, R. C.; CABLE, J.; PORTER, R. Pathological effects of *Pseudodiploorchis americanus* (Monogenea: Polystomatidae) on the lung epithelium of its host, *Scaphiopus couchii*. **Parasitology**, v. 125, n. 2, p. 143-153, 2002.

TOLEDO, L. F.; MARTINS, I. A.; BRUSCHI, D. P.; PASSOS, M. A.; ALEXANDRE, C.; HADDAD, C. F. B.. The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**, v. 18, n. 2, p. 87-99, 2014.

VITT, L. J.; CALDWELL, J. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. San Diego: Academic Press. p. 697, 2009

WARREN, P. S.; KATTI, M.; ERMANN, M.; BRAZEL, A. Urban bioacoustics: it's not just noise. **Animal behaviour**, v. 71, n. 3, p. 491-502, 2006.

WELLS, K. D.; SCHWARTZ, J. J. Vocal communication in a Neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*: advertisement calls. **Animal Behaviour**, v. 32, n. 2, p. 405-420, 1984.

WELLS, K. D.; SCHWARTZ, J. J. **The behavioral ecology of anuran communication.** In: Narins PM, Feng AS, Fay RR, Popper AN (eds) Hearing and sound communication in amphibians. Springer, Berlin Heidelberg New York, v. 48, p. 44-86, 2006.

WELLS, K. D. **The courtship of frogs.** In: Taylor DH, Guttman SI, (editors). The reproductive biology of amphibians. New York (NY): Plenum Press. p. 233-262, 1977.

WELLS, K. D. **The ecology and behavior of amphibians.** 1 ed. Chicago: The University of Chicago Press, 2007.

WINGFILELD, J. Modulation of the adrenocortical response to stress in birds. **Perspectives in comparative endocrinology**, p. 520-528, 1994.

ZUK, M.; STOEHR, A. M. Immune defense and host life history. **The American Naturalist**, v. 160, n. S4, p. 9-22, 2002.

## **A abundância parasitária modifica os parâmetros acústicos de quatro espécies de anuros do Parque Nacional de Ubajara – CE?**

**H.T.S. Machado<sup>1\*</sup>, R.H. Oliveira<sup>2</sup>, A. Pansonato<sup>3</sup> & R.W. Avila<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular, Universidade Regional do Cariri, *Campus* do Pimenta, Rua Cel. Antônio Luiz, 1161, Bairro do Pimenta, 63105-000, Crato, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Biologia *Campus* do Pici, Bloco 906, Av. Mister Hull, s/n 60440-900, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Herpetologia, Centro de Referência da Biodiversidade Regional, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Boa Esperança, 78060–900, Cuiabá, Mato Grosso, Brazil

\*Corresponding author: E-mail, [heitortdsm@gmail.com](mailto:heitortdsm@gmail.com)

### **Resumo**

Anfíbios anuros são exemplos de espécies que investem suas energias na emissão de sons, que podem revelar informações sobre localização, condições morfofisiológicas, disputa por território e atração de fêmeas. É notável que os parasitos causam limitações e reduções de recursos nos seus hospedeiros. A presença de parasitos nos anuros pode conduzir alterações em diversos aspectos da biologia das espécies, como mudanças nos parâmetros acústicos, podendo alterar a escolha das fêmeas. Portanto, o estudo tem como objetivo analisar a possível relação existente entre a carga parasitária e a comunicação acústica da anurofauna do Parque Nacional de Ubajara – CE. Para tanto, avaliou-se os parâmetros acústicos temporais e espectrais do canto de 41 espécimes de quatro espécie de anuros, juntamente com o descritor parasitológico de abundância. A presença de parasitos alterou

os parâmetros acústicos de todas as espécies analisadas. Em *Leptodactylus troglodytes* quando a abundância de parasitos é alta, as durações das chamadas tornam-se mais longas. Outros dois leptodactylídeos (*Leptodactylus fuscus* e *Physalaemus cuvieri*) tiveram o intervalo de canto reduzido, ocasionando aumento da quantidade de notas emitidas. Por outro lado, em *Leptodactylus mystaceus* a relação com a carga parasitária foi negativa, onde reduziu a duração do canto. Dessa forma, essa associação pode levar a alterações na preferência das fêmeas, uma vez que, essas avaliam a qualidade do macho emissor, através dos parâmetros acústicos emitidos.

**Palavras – Chaves: Anfíbios, Ceará, Helmintos, Parasito-Hospedeiro, Vocalização.**

#### **Abstract**

Reproductive activity demands a large part of the organisms' energetic resources, including species that issue signs for sexual partners. Anurans waste energy at advertisement calls; which may bring information about their localization, morphophysiological conditions, territorial conflicts and attract females. Thus, anuran endoparasites may influence diverse aspects of their host biology, such as acoustic parameters changes and affect the females' choice. Therefore, the present study aimed to investigate the influence of endoparasites load on acoustic parameters of anurans from the National Park of Ubajara, Ceará state. We evaluated the temporal and spectral acoustic parameters of each anuran specimen call, along with the abundance parasitological descriptor. We observed that the acoustic parameters were influenced by endoparasite load in all specimens analyzed, being prolonged the advertisement call durations according to the increase of endoparasites abundance in *Leptodactylus troglodytes*. Conversely in *Leptodactylus fuscus* and *Physalaemus cuvieri* the call interval was reduced and, therefore, increasing the call repetitions. We also observed a negative relationship between endoparasites abundance and call duration for *Leptodactylus mystaceus*. Likewise, the endoparasites associated might affect the reproductive performance of their host, since the acoustic characteristics changes in males may influence the female choice.

**Keywords: Amphibian, Ceara, Helminths, Host parasite, Vocalization.**

## Introdução

De maneira geral, algumas comunidades de animais dependem de um mecanismo de comunicação para a realização de uma troca de informações em diferentes contextos sociais, a exemplo do reconhecimento da espécie e a defesa do território (HAILMAN, 1977; GOODENOUGH et al. 1993; GERHARDT & HUBER, 2002; TOLEDO et al., 2015; KÖHLER et al., 2017). Nos anfíbios, a comunicação se dá por sinais visuais, químicos, táteis e acústicos, sendo este último, o mais difundido entre as espécies de anuros (WELLS, 2007). A comunicação acústica tem um importante papel nas interações sociais, que reflete na biologia reprodutiva das espécies (WELLS, 2007). Esses cantos podem revelar informações sobre localização, condições morfofisiológicas, disputa por território (agressivas) e para a atração de fêmeas (anúncio) (GOODENOUGH et al., 1993; GERHARDT, 1994; RYAN, 2001; RYAN, 2009; TOLEDO et al., 2015). O tipo de canto mais frequente entre os anuros é o de anúncio, que indica a localização do macho desempenhando papel crucial na reprodução (WELLS, 1977; TOLEDO et al., 2015).

O sistema de acasalamento dos anuros é baseado pela preferência da fêmea (WELLS, 2007), sendo que essas possuem uma tendência por chamadas mais duradouras e por machos mais vocalmente ativos (MÁRQUEZ et al., 2008). Diante disso, a escolha e a composição das características das chamadas são cruciais para o sucesso reprodutivo do indivíduo. Além das variações ocorridas na vocalização devido a preferência da fêmea, a atividade reprodutiva dos anuros está sujeita a outras pressões, tais como: fatores climáticos (temperatura e pluviosidade) (AICHINGER, 1987; GUIX, 1996) e a interação parasito e hospedeiro (MADELAIRE et al., 2013).

Buscando um ajuste nessa interação, tanto o hospedeiro como o parasito apresentam uma co-evolução ecológica, na qual o hospedeiro impõe pressão seletiva sobre os parasitas, enquanto a mortalidade causada por estes seleciona o hospedeiro com maior aptidão, procurando, assim, um equilíbrio na interação parasitária para um prolongamento da vida do hospedeiro (LIMA et al., 2013; MARTINEZ-BAKKER & HELM, 2015). Segundo MARTINEZ-BAKKER & HELM (2015), esse conjunto de forças dificultam a quantidade correta de distribuição de energia, deixando a alocação de energia em sobrevivência versus reprodução.

A discussão acerca da relação parasita e hospedeiro na influência da vocalização dos machos traz informações importantes. Além da carga parasitária consumir parte da

energia do macho vocalizador, Madelaire et al. (2013) registraram em *Boana prasina* Burmeister (1856) uma relação inversamente proporcional entre a carga parasitária e a qualidade vocacional dos machos. Entretanto, Hausfater et al. (1990) e Tinsley (1990) relataram que tal relação não aparenta ter influência na vocalização dos machos. Logo, investigar até que ponto essa relação pode trazer prejuízos na vocalização do hospedeiro e, conseqüentemente, em termos de reprodução é essencial para a compreensão da relação entre parasita e hospedeiro.

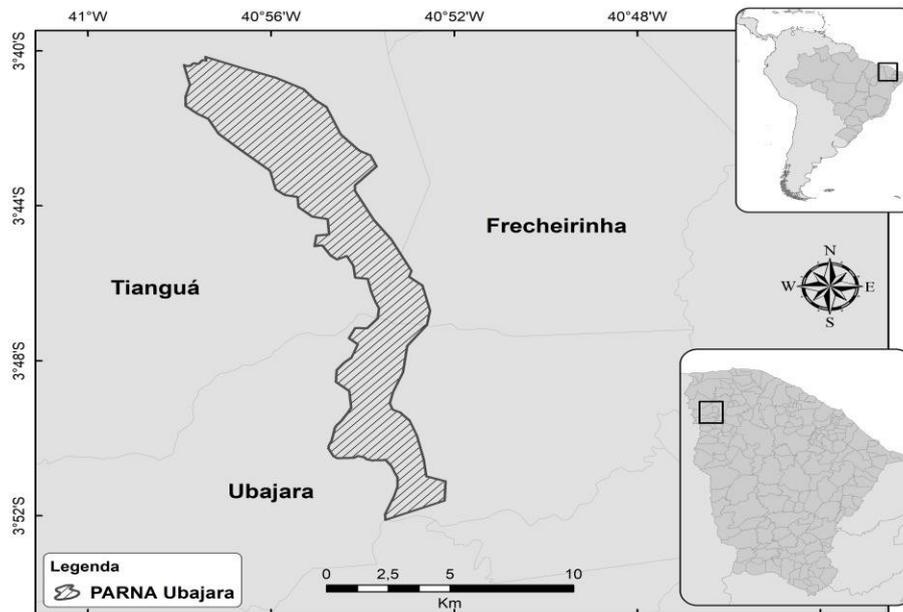
À vista disso, o presente artigo analisa o descritor parasitológico de abundância e a sua interferência na comunicação acústica de quatro espécies de anuros do Parque Nacional de Ubajara – CE no que diz respeito ao intervalo de canto, à duração do canto e à frequência dominante.

## **Material e métodos**

### ***Área de estudo***

O estudo foi desenvolvido em quatro pontos de coletas (3° 44' 7.728" S, 40° 58' 17.760" W, 3° 43' 24.989" S, 40° 57' 1.487" W, 3° 48' 7.272" S, 40° 57' 2.952" W, 3° 52' 20.784" S, 40° 56' 0.456" W) pertencentes ao Parque Nacional de Ubajara (PNU), que compreende os municípios cearenses de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha (Figura 1). O PNU abrange uma área de 6.299 hectares, totalizando um perímetro de 63.604.263 metros (ICMBIO, 2018). Nesta região, as temperaturas variam em média de 20 a 22 °C, com período chuvoso de janeiro a junho. Quanto a vegetação, encontra-se presente a Floresta Estacional Decídua, Floresta Estacional Sempre Verde e a Savana-Estépica (LOIOLA et al., 2019).

**Figura 1.** Mapa da região do Parque Nacional de Ubajara – CE.



**Fonte:** Oliveira, H.F.

### ***Coleta de dados***

As coletas foram realizadas durante o período chuvoso de janeiro a fevereiro de 2019, entre os horários de 18:00 h às 00:00 h, totalizando 43 dias consecutivos de campo. Toda a expedição foi realizada com uma equipe de quatro pesquisadores, utilizamos o método de Busca Auditiva (ZIMMERMAN 1994). A coleta das espécies foi autorizada através de licença SISBio nº 66749. Foram escolhidas as espécies *Leptodactylus fuscus* Schneider, 1799, *Leptodactylus troglodytes* Lutz, 1926, *Leptodactylus mystaceus* Spix, 1824 e *Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826, pois as mesmas pertencem à mesma família e apresentam o mesmo hábito terrestre. Os cantos foram registrados com o auxílio de um gravador digital profissional (Marantz PMD660) com microfone unidirecional posicionado com distância máxima de 50 centímetros à frente do macho emissor. Antes de cada gravação, esperamos 10 minutos para o espécime se familiarizar com a presença do pesquisador e, em seguida, foi realizada a gravação acústica por 10 minutos. Para análise, retiramos os primeiros dois minutos iniciais e os últimos dois minutos finais das gravações, a fim de evitar interferências na vocalização do indivíduo. Após cada gravação, aferimos duas variáveis ambientais: temperatura e umidade.

Após a finalização da gravação de cada indivíduo, os espécimes foram levados ao laboratório onde foram eutanasiados com Tiopental sódico (Thiopentax®). Posteriormente, os indivíduos foram necropsiados e fora realizado a procura por parasitos nos órgãos internos (coração, pulmão, vesícula biliar, fígado, estômago, intestino delgado, intestino grosso e bexiga). Ainda foi inspecionado a cavidade dos espécimes para encontrar possíveis parasitas. Os indivíduos coletados foram fixados e colocados em flaconetes com álcool a 70% (Vidal-Martinez et al., 2001).

Posteriormente, os espécimes foram fixados com formaldeído a 10% (FRANCO & SALOMÃO, 2002), conservados em álcool 70%, etiquetados, tombados e depositados no Núcleo Regional de Ofiologia da Universidade Federal do Ceará (NUROF-UFC), localizada no *campus* Pici, Fortaleza – CE. Os espécimes de parasitos foram depositados na Coleção Parasitológica do Laboratório de Zoologia da Universidade Regional do Cariri (URCA-P).

As gravações foram analisadas usando o software Raven Pro 1.5 (Bioacoustic Research Program, 2012), com as seguintes configurações: função de janela de Hamming; Tipo de janela Hann; Tamanho DFT amostras de 256 pontos; brilho = 74%; contraste = 76%; superposição de grade de tempo = 50%. Três parâmetros temporais foram medidos manualmente a partir da forma da onda: Notas por Canto (NC), Duração do Canto (DC) e Intervalos do Canto (IC). Para os parâmetros espectrais, aferimos a Frequência Mínima (FMIN), a Frequência Máxima (FMAX) e a Frequência Dominante (FD), obtidas a partir de espectrogramas. Todas as terminologias para parâmetros acústicos seguiram Köhler et al. (2017). Por fim, as gravações foram arquivadas no Banco de Registros Bioacústicos, do Laboratório de Herpetologia da Universidade Regional do Cariri (URCA).

### ***Análises estatísticas***

O teste de correlação ranqueada de Spearman foi utilizado para quatro espécies gravadas para avaliar a presença de correlações entre a abundância total de parasitos e as variáveis de canto dos anuros (DC, IC e FD). Para realização do teste foi criada uma matriz com os dados de abundância dos parasitos para cada sítio de infecção (coração, pulmão, vesícula biliar, fígado, estômago, intestino delgado, intestino grosso e bexiga) e das variáveis de canto, em seguida a matriz foi inspecionada com o auxílio da função “rcorr”, do pacote Hmisc (FRANK et al., 2019), no software R (R Core Team 2019). Os

descritores parasitológicos (prevalência, abundância e intensidade média de infecção) foram utilizados de acordo com a descrição de Bush et al. (1997).

## Resultados

No total foram obtidas 41 gravações do canto de anúncio de quatro espécies da família Leptodactylidae (*L. troglodytes*, *L. fuscus*, *L. mystaceus* e *P. cuvieri*). Dentre essas espécies, *P. cuvieri* foi a espécie que apresentou maior duração de canto ( $0,423 \text{ s} \pm 0,058$ ) seguido por *L. mystaceus* ( $0,314 \text{ s} \pm 0,055$ ) e *L. fuscus* ( $0,269 \text{ s} \pm 0,025$ ). As chamadas de *L. troglodytes*, tiveram a menor duração média ( $0,037 \text{ s} \pm 0,004$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Parâmetros acústicos das espécies *Leptodactylus troglodytes*, *Leptodactylus fuscus* *Leptodactylus mystaceus* e *Physalaemus cuvieri*.

Espécie	DC			IC			FD		
	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	Méd
<i>L. troglodytes</i>	0,032	0,044	0,037	0,377	0,892	0,602	2812	3088	2944
<i>L. fuscus</i>	0,227	0,31	0,269	1	2,5	1,478	1848	2379	2047
<i>L. mystaceus</i>	0,26	0,43	0,314	0,52	0,91	0,74	1012	1294	1159
<i>P. cuvieri</i>	0,34	0,51	0,423	0,84	4,44	1,949	562,5	1008,6	778,9

DC= duração do canto; IC= intervalo do canto; FD= frequência dominante; Min= mínima; Máx= Máxima; Méd= Média

Em relação as taxas de infecções por parasitos, dos 41 exemplares analisados, 39 estavam parasitados com pelo menos uma espécie de helminto. *Leptodactylus fuscus* e *L. troglodytes* tiveram uma prevalência de 100%, enquanto *L. mystaceus* apresentou uma prevalência de 80% e *P. cuvieri* com 88,9%. *Leptodactylus troglodytes* apresentou maior diversidade, hospedando o total de 12 espécies de endoparasitos. Para todas as espécies hospedeiras, observou-se que a riqueza de parasita de cada espécime variou de um a três.

O total de 905 helmintos foram coletados, divididos entre o Filo Nematoda e a classe Trematoda. Foram encontrados 538 parasitos em *L. troglodytes*, 215 em *L. mystaceus*, 102 em *L. fuscus*, e 50 em *P. cuvieri* (Tabela 2). Entre os nematódeos, *Aplectana papilifera* Araujo, 1978 e *Cosmocerca parva* Travassos 1925 foram os parasitos mais abundantes, correspondendo a 227 e 209 espécimes, respectivamente. Apenas uma espécie de *Acanthocephala* foi registrada e não foi encontrado a presença de nenhum trematódeo. Portanto, as espécies do presente estudo têm uma comunidade de helmintos dominada por espécies do filo Nematoda.

**Tabela 2.** Helmintos encontrados em *Leptodactylus troglodytes*, *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus mystaceus* e *Physalaemus cuvieri* no Parque Nacional de Ubajara.

Hospedeiro	Parasito	P%	NP	IMI ± EP	Sítio
<i>L. troglodytes</i>	<i>Aplectana lopesi</i>	9.1	35	35±10.6	ID, IG
	<i>Aplectana papilifera</i>	18.2	227	113.5±57	IG
	<i>Cosmocerca parva</i>	18.2	46	23±9.5	IG
	Cosmocercidae	18.2	72	36±14.7	IG
	<i>Gyrinicola</i> sp.	9.1	6	6±1.8	ID, IG
	<i>Larva de Cosmocercidae</i>	18.2	4	2±0.9	IG
	<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	18.2	9	4.5±2.4	ID, IG
	<i>Oxyascaris</i> sp.	27.3	39	13±7.5	ID
	<i>Physalopteroides venancioi</i> *	18.2	10	5±2.2	EST
	<i>Raillietnema spectans</i>	9.1	24	24±7.2	IG
	<i>Rhabdias breviensis</i> *	63.6	28	4±3	EST, P
	<i>Schrankiana</i> sp.	9.1	38	38±11.5	IG
<i>L. fuscus</i>	<i>Aplectana lopesi</i> *	11.1	11	11±3.2	IG
	<i>Aplectana</i> sp.	11.1	11	11±3.2	ID
	Ascarididae	22.2	1	1±0.3	IG
	<i>Cosmocerca brasiliense</i> *	22.2	9	4.5±1.9	ID, IG
	<i>Cosmocerca parva</i>	33.3	21	7±3.5	ID, IG
	<i>Cosmocerca travassosi</i> *	11.1	11	11±3.2	IG
	Cosmocercidae	55.6	23	4.6±2.8	ID, IG
	<i>Oswaldocruzia mazzai</i>	55.6	8	1.6±1.2	EST, ID
	<i>Physalopteroides venancioi</i> *	11.1	1	1±0.3	EST
	<i>Rhabdias breviensis</i> *	22.2	6	3±1.2	P
<i>L. mystaceus</i>	<i>Aplectana lopesi</i> *	14.3	38	38±14.4	IG
	<i>Aplectana meridionalis</i> *	14.3	2	2±0.8	IG
	<i>Cosmocerca brasiliense</i> *	14.3	1	1±0.4	ID

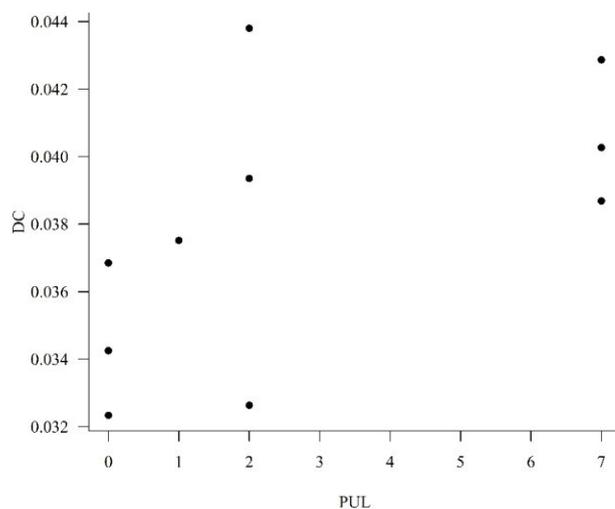
	<i>Cosmocerca parva</i>	42.9	121	40.3±42.3	ID, IG
	<i>Cosmocerca travassosi</i> *	14.3	35	35±13.2	IG
	<i>Cosmocerca</i> sp.	14.3	6	6±2.3	IG
	<i>Oxyascaris oxyascaris</i>	28.6	10	5±2.7	ID, IG
	<i>Ochoterenella</i> sp.*	14.3	1	1±0.4	CAV
	<i>Rhabdias breviensis</i> *	14.3	1	1±0.4	P
<i>P. cuvieri</i>	<i>Physaloptera</i> sp.	8.33	1	1±0.29	EST
	<i>Rhabdias breviensis</i> *	16.7	3	1.5±0.62	P
	Cosmocercidae	16.7	2	1±0.39	IG
	<i>Cosmocerca parva</i> *	66.7	21	2.63±1.76	ID, IG
	<i>Cosmocerca travassosi</i>	8.33	2	2±0.58	IG
	<i>Aplectana lopesi</i> *	8.33	4	4±1.15	IG
	<i>Oxyascaris oxyascaris</i>	8.33	3	3±0.87	IG
	<i>Centrorhynchus</i> sp.	8.33	14	14±4.04	IG

P%= Prevalência; NP= Número de Parasito; IMI= Intensidade Média de Infecção; EP= Erro Padrão; Sítio= Localidade onde o parasito foi encontrado, sendo: P=Pulmão; EST= Estômago; ID= Intestino Delgado; IG= Intestino Grosso; CAV= cavidade. \*=Novo registro para a espécie hospedeira.

O presente estudo trouxe novidades quanto ao parasitismo das espécies hospedeiras, sendo que para *L. mystaceus* registramos seis espécies de parasitos inédito para esse hospedeiro (*Aplectana lopesi*, *Aplectana meridionalis*, *Cosmocerca brasiliense*, *Cosmocerca travassosi*, *Ochoterenella* sp. e *Rhabdias breviensis*). Apesar de terem trabalhos publicados sobre o parasitismo destas espécies, também encontramos novos registros em *L. troglodytes* (*Physalopteroides venancioi* e *Rhabdias breviensis*), *L. fuscus* (*Aplectana lopesi*, *Cosmocerca brasiliense*, *Cosmocerca travassosi*, *Physalopteroides venancioi*, *Rhabdias breviensis*) e *P. cuvieri* (*Aplectana lopesi*, *Cosmocerca parva* e *Rhabdias breviensis*).

Através da análise, podemos notar a correlação da abundância de parasitos no pulmão de *L. troglodytes* com a duração do canto da espécie ( $R=0,69$ ,  $P=0,02$ ) sendo observado que quanto maior o número de parasitos no pulmão, mais longo é o canto da espécie (Gráfico 1).

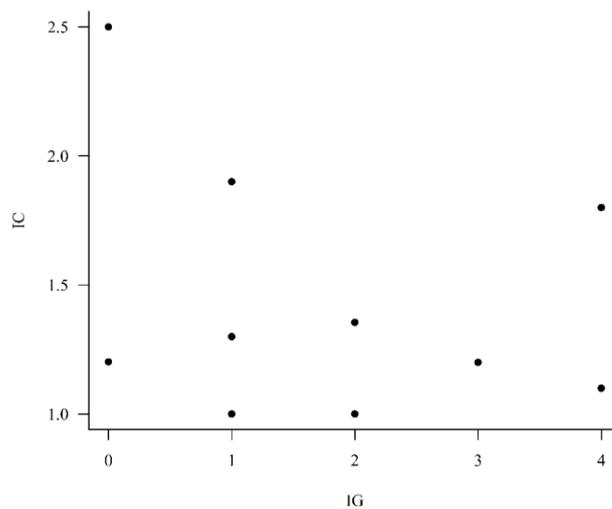
**Gráfico 1:** Relação entre a abundância de parasitos no pulmão e a duração do canto, na espécie *L. troglodytes*. DC: duração do canto. PUL: pulmão.



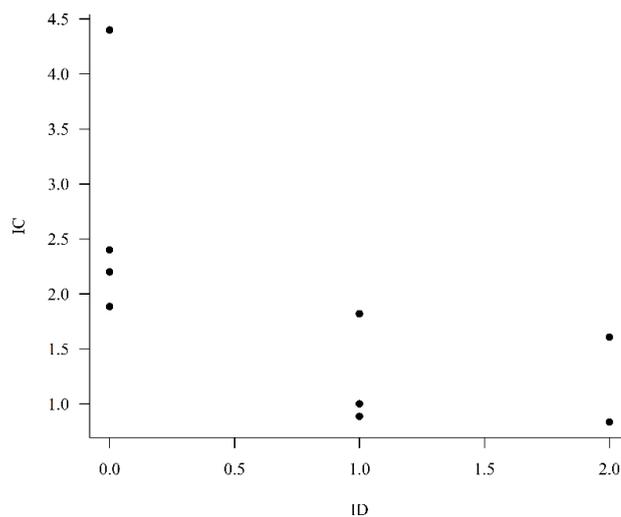
Com relação a *L. fuscus*, o número de parasitos no intestino grosso influenciou no intervalo do canto (Gráfico 2) da espécie ( $R=0,61$ ,  $P=0,04$ ). Para *P. cuvieri* os parasitos do intestino delgado que tiveram correlação ( $R=-0,86$ ,  $P=0,001$ ) e o intervalo do canto foi alterado, sendo diminuído quando a abundância é alta. Sendo assim, para ambos os hospedeiros, a alta abundância de parasitos nesses órgãos, podem levar os emissores

acústicos a potencializarem seus cantos, no qual, um produz chamadas mais longas e o outro aumenta a taxa de reincidências nas chamadas, respectivamente (Gráfico 3).

**Gráfico 2.** Relação entre abundância de parasitos no intestino grosso e o intervalo do canto, na espécie *L. fuscus*. IG: Intestino grosso. IC: Intervalo de canto.



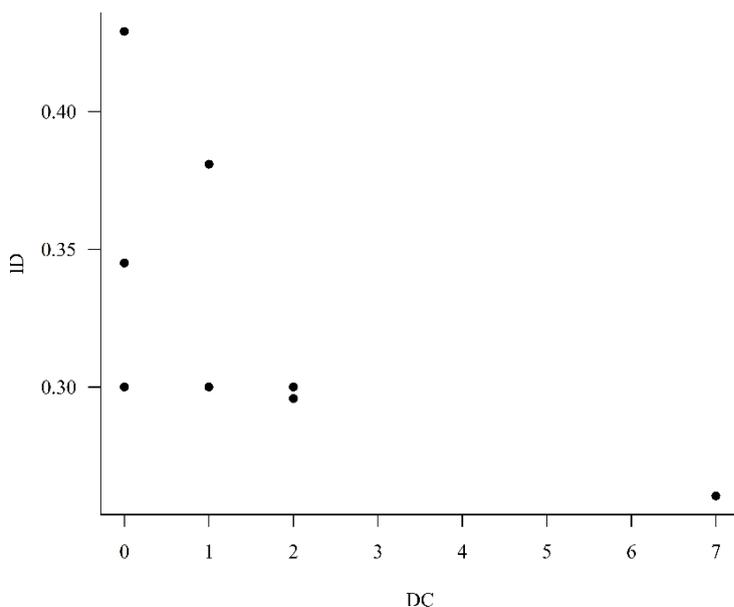
**Gráfico 3.** Relação entre a abundância de parasitos no intestino delgado e o intervalo de canto, na espécie *P. cuvieri*. IC: Intervalo do canto. ID: Intestino delgado.



*Leptodactylus mystaceus* teve sua duração do canto influenciada pelo total de parasitos do intestino delgado ( $R=-0,66$ ,  $P=0,03$ ), porquanto, a baixa abundância de

parasitos nesse órgão proporciona cantos mais longos para o hospedeiro (Gráfico 4). Para as variáveis ambientais, nenhuma delas teve correlação com os parâmetros acústicos das espécies.

**Gráfico 4.** Relação entre a abundância de parasitos no intestino delgado e a duração do canto, na espécie *L. mystaceus*. ID: Intestino delgado. DC: Duração do canto.



## Discussão

Encontrou-se o total de 905 espécimes de parasitos, altas taxas de infecções são esperadas para anuros de hábitos terrestres, posto que seu modo de vida facilita a infecção por parasitos de ciclo direto (ANDERSON, 2000; LIMA et al., 2012). As comunidades de helmintos diferiram entre as quatro espécies de anuros com quatro espécies compartilhadas e seis espécies exclusivas. O filo Nematoda apresentou maior prevalência e abundância. Espécies pertencentes a esse filo apresentam predisposição para infecções em hospedeiros, em razão destes parasitos apresentarem ciclo de vida direto (ANDERSON, 2000). Também encontramos um único indivíduo pertencente ao filo Acanthocephala. A baixa prevalência deste, já é esperado em populações de anfíbios (SMALES, 2007).

Os níveis de infecção causados por parasitos de ciclo direto dominam as taxas de abundâncias em hospedeiros terrestres (BOLEK & COGGINS, 2003; CAMPIÃO,

2009). Por exemplo, *A. papilifera* foi a espécie mais abundante entre as demais. *Rhabdias breviensis* Nascimento et al. (2013) apesar de não superar em quantidade, foi encontrada em todas as espécies de hospedeiros analisados. Espécies do gênero *Rhabdias* possuem ciclo de vida monoxênico, sendo que os hospedeiros adquirem a infecção através de penetração das larvas diretamente na pele (ANDERSON, 2000). Segundo o mesmo autor, os ciclos de vida dessas espécies são compostos por larvas infectantes e formas de vida livre. Geralmente, as espécies são encontradas no pulmão, no entanto *Rhabdias* sp. também foi encontrado no estômago de um indivíduo de *L. troglodytes*. Possivelmente, o parasito deslocou-se para a região oral, onde foi deglutido pelo hospedeiro.

Apesar de já existirem trabalhos voltados para fauna parasitária de *L. mystaceus* no Brasil (Ver. CAMPIÃO et al., 2014), encontramos seis novos registros para a espécie hospedeira (Ver tabela 1). *Physalaemus cuvieri* já foi estudado no Brasil por Santos & Amato (2012), Campião et al. (2014), Aguiar (2013) e Oliveira et al. (2018), todavia, os resultados do presente estudo adicionam três novos registros para esse hospedeiro. Em *L. fuscus*, cinco novos registros de parasitos foram registrados para o hospedeiro. Em revisão realizada por Campião et al. (2014), a fauna parasitária de *L. fuscus* contava com 16 espécies de parasitos, portanto, com os dados obtidos no presente trabalhos, a lista de parasitos para esse hospedeiro cresce para 19 espécies.

A diversidade de parasitos descritos para uma espécie fornece informações mais robustas sobre os processos seletivos, estratégias reprodutivas (TODD, 2007) e adaptações na relação parasito-hospedeiro (POULIN 2007; BENTZ et al., 2006). Portanto, trabalhos que apresentam novos resultados de parasitos são de fundamental importância, posto que trazem noções de relevância ecológica, como também fornecem conhecimentos que podem ajudar na manutenção da diversidade biológica (MCCALLUM & DOBSON, 1985).

No presente estudo pode-se observar a influência parasitária nas propriedades de chamadas dos machos, onde a presença dos parasitos modificou algumas das propriedades acústicas das espécies analisadas. Estudos demonstram que a preferência das fêmeas varia de acordo com as propriedades acústicas, sendo apreciadas as chamadas longas e duradouras, alta taxa de repetição e baixa frequência (Ver. MÁRQUEZ et al., 2008). Por exemplo, fêmeas de *Cophixalus ornatus* apresentam uma forte escolha por machos emissores de baixa frequência dominante (FELTON et al., 2006).

Entretanto, diferente de nossas expectativas, em *L. troglodytes* quanto maior a abundância de parasitos, maior a duração do canto. O número de parasitos não influenciou

a duração da chamada em *L. fuscus* e *P. cuvieri*, no entanto, os indivíduos dessas espécies aumentaram a frequência de repetição das chamadas. Considera-se esse resultado positivo, visto que os machos podem impressionar as fêmeas com a periodicidade das chamadas, exibindo, assim, demonstrações de um hospedeiro saudável. Por exemplo, Márquez et al (2008), demonstrou que fêmeas de *Alytes obstetricans* Laurenti (1768) têm favoritismo por machos que possuam chamadas longas e repetitivas. O pensamento de Andersson (1994) reforça essa afirmação, pois as fêmeas apresentam sinal de preferência por machos que possuam características de um indivíduo saudável e, uma vez escolhidos, elas melhoram seus esforços reprodutivos (ANDERSSON, 1994). Dessa forma, as fêmeas causam uma pressão de seleção preferindo apenas os machos fortes e saudáveis, gerando em sua prole, indivíduos cada vez mais vigorosos (ANDERSSON, 1994).

Alguns autores afirmam que a redução no sucesso reprodutivo é uma consequência bastante comum devido à infecção por parasitos (HURD, 2001; KLEIN, 2005; LIMA et al., 2013). De fato, alguns estudos mostram uma reciprocidade inversa entre o investimento reprodutivo e a carga parasitária presente de anfíbios anuros (MADELAIERE et al., 2013), sendo também relatada em lagartos (GALDINO et al., 2014). Nos espécimes de *L. mystaceus* estudados no presente estudo, encontrou-se resultados parecidos, tendo a DC reduzida à medida que a abundância de parasito no intestino grosso cresce.

As interações entre os sistemas do corpo são alteradas de acordo com a disponibilidade de recursos que o indivíduo detém (AGNEW et al., 2000). Dessa forma, cabe a Seleção Natural favorecer indivíduos que mantêm um padrão de alocação de energia produzindo proles com melhor aptidão (AGNEW et al., 2000). Para sobreviver, as espécies alocam diferentes quantidades de recursos para cada ocasião, sendo mais recursos energéticos para um e menos para outro. Provavelmente, o hospedeiro *L. mystaceus* teve sua duração do canto reduzida devido aos distúrbios que os parasitos causaram. Endoparasitos podem causar instabilidade no gasto energético utilizado pelo sistema imunológico (TINSLEY et al., 2002; KRISTAN & HAMMOND, 2004). Além disso, parasitos podem causar distúrbios na absorção de nutrientes, levando a perda de massa nos hospedeiros (HOLMES & ZOHAR, 1990; KYRIAZAKIS et al., 1998; KRISTAN, 2002), respostas imunológicas custosas (LOCHMILLER & DEERENBERG, 2000). A baixa disponibilidade energética limita os gastos na sobrevivência e na reprodução das espécies (FULLER & BLAUNSTEIN, 1996; BOLLACHE et al., 2001). Em outras palavras, uma infecção parasitária pode levar um hospedeiro a sofrer alterações

no valor adaptativo (SCHÜPBACH & BAUR, 2008). A situação das espécies hospedeiras podem ser agravadas aumentando a disputa por energia entre o sistema imunológico e reprodutivo quando os recursos são limitados (FRENH et al., 2007).

Tuttle & Ryan (1981) predizem que um maior esforço reprodutivo pode atrair maior risco de predação, assim, se o parasito tiver o espécime como hospedeiro definitivo, esse comportamento não é viável para o mesmo. Além do mais, assim como para *L. mystaceus*, existem outros estudos onde a interação parasito-hospedeiro não afetou o sucesso reprodutivo (HAUSFATER et al., 1990; GREESPAN et al., 2016; FORSTER, 2017; MADELAIRE, 2012).

No entanto, para *L. troglodytes*, *L. fuscus* e *P. cuvieri*, a carga parasitária pode resultar em vantagens para o hospedeiro, devido ao aumento na duração e na repetição das chamadas que pode aumentar o sucesso reprodutivo dessas espécies. Resultados que demonstram um melhoramento na capacidade de chamada dos machos de anuros já foram confirmados em outros trabalhos (Ver. ROZNIK, et al., 2015; AN & WALDMAN, 2016). Os meios encontrados pelos machos para compensar a mortalidade impostas pela infecção parasitária pode aumentar o investimento no esforço reprodutivo (FORBES, 1993; AGNEW et al., 2000). Além disso, as habilidades do hospedeiro para tornar-se atraentemente igual ou superior a um indivíduo saudável pode ser um ajuste de Seleção natural que visam sua posterior transmissão. Essa ideia é sustentada, pois quando um macho aparentemente saudável acasala, ele tem chances de passar sua vulnerabilidade a infecções para sua prole (PFENNIG & TINSLEY 2002; AN & WALDMAN, 2016). Outro exemplo de manipulação de parasitos ocorre nas fêmeas de anuros, onde fêmeas parasitadas fizeram menos investigações nos machos, chegando a fazer escolha de machos com baixa qualidade (POULIN, 1995; POULIN & VICKERY, 1996). Os parasitos também podem limitar a quantidade de recurso, como também, manipular a distribuição dos recursos para o indivíduo (CRESSLER et al., 2014).

Outra alternativa também decorrente dos efeitos do parasito, é a manipulação imposta por esses, uma vez que, estes podem modificar as interações competitivas e predador-presa entre os indivíduos (PRENTER et al. 2004; LEFEVRE et al. 2009). Estudo demonstra, que espécies de ciclo heteroxênico tendem a modular o comportamento das espécies hospedeiras, facilitando a predação, afim de atingir o hospedeiro definitivo (KAVALIERS et al., 2000). Por exemplo, Holland et al. (2007), relatou a ocorrência de deformidades em anuros causados por parasitos da classe Trematoda. Essas malformações podem estar ligadas a maior facilidade que esses indivíduos terão de serem

predados. Moluscos também, devido a ação de parasitos, alteram seu comportamento, onde apresentam dificuldades para fugir de predadores (MOURITSEN, 2002; BABIRAT et al., 2004). Espécies de acantocéfalos são registrados causando alterações no comportamento dos seus hospedeiros intermediários, o que os leva a serem presas fáceis para peixes e aves (MOORE, 2001).

Os parasitos são causadores de impactos na vida dos seus hospedeiros (CHANDRA & GUPT, 2007), seja alterando o tamanho das populações, influenciando no crescimento do hospedeiro ou diminuindo suas chances reprodutivas (PITTKER et al., 2008; MORAND & GUÉGAN, 2008; KELEHEAR et al., 2011; MADEILARE et al., 2013). Parasitos são relatados até mesmo como responsáveis por extinção de espécies (LINDENFORS et al., 2007). Segundo Lima et al. (2013), a interação entre um parasito e hospedeiro causa efeitos negativos, onde, para sobreviver, o hospedeiro busca alocar suas energias na resistência contra o parasitismo. Dessa forma, essa associação pode levar a alterações no seu desempenho reprodutivo (SCHULTZ et al., 2006). Porém, com base nos resultados obtidos, discorda-se dos autores citados nesse parágrafo, pois, a relação parasita-hospedeiro para as espécies de *L. troglodytes*, *L. fuscus* e *P. cuvieri* pode ter encaminhado estes espécimes a terem maiores chances de conseguir parceiros reprodutivos.

A influência do ambiente (temperatura, umidade) traz variações nos parâmetros acústicos do canto dos espécimes vocalmente ativos (RITKE et al., 1992; ALMEIDA-GOMES et al., 2007; STEELMAN & DORCAS, 2010; MILNE et al., 2013; SOUZA et al., 2019). Devido apresentar características de seres ectotérmicos, a temperatura constitui o principal fator na atividade dos anuros (NAVAS, 1996; HAUSELBERGER & ALFORD, 2005). Nesse trabalho a temperatura não influenciou, corroborando o trabalho de Madelaire et al. (2013) e Kiss et al. (2009), no qual as variáveis ambientais não foram fator determinante nos padrões acústicos das espécies. Segundo Brooke et al. (2000), a intensidade da interferência varia de espécie para espécie, sendo algumas mais susceptíveis e outras não.

Confirmou-se a hipótese de que os parasitos influenciam nos parâmetros acústicos das espécies estudadas. Para *L. troglodytes*, *L. fuscus* e *L. cuvieri*, a abundância de parasito teve uma correlação positiva com as propriedades temporais das chamadas. Acreditamos que essa relação pode ter sido influência de parasitos de ciclo heteroxenico, onde os mesmos buscando atingir o hospedeiro definitivo, podem modular o comportamento reprodutivo das espécies de anuros visando a predação do mesmo.

Baseado na preferência das fêmeas de anuros, os machos dessas espécies podem ter um maior sucesso reprodutivo, visto que as mudanças na vocalização teoricamente proporcionam maiores chances de atrair parceiros reprodutivos. Para *L. mystaceus*, os parasitos podem ter prejudicado o sucesso reprodutivo dos machos, uma vez que a abundância de parasito teve uma correlação negativa para a duração da chamada.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pela permissão de coleta (Sisbio Nº 66749). H.T.S.M agradece à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP, Proc.0008-00344.01.13 / 18) pelo apoio financeiro. A Herivelto Faustino de Oliveira, pela elaboração do mapa. R.W.A agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Proc. 305988 / 2018-2) por uma bolsa de pesquisa.

### **Referências**

AGNEW, P.; KOELLA, J. C.; MICHALAKIS, Y. Host life history responses to parasitism. **Microbes Infect**, v. 2, n. 8, p. 891–896, 2000.

AGUIAR, A. 2013. **Helmintofauna associada a anfíbios da Ilha de Anchieta, Litoral Norte do Estado de São Paulo, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Botucatu.

AHO, J. M. **Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and process**. In: Esch G.W., Bush A.O. and Aho J.M. (ed) Parasite Communities Patterns and Process. Chapman and Hall, London and New York, p. 157-190, 1990.

AICHINGER, M. Annual activity patterns of anuran in a seasonal neotropical environment. **Oecologia** v. 71, n. 4, p. 583-592, 1987.

ALMEIDA-GOMES, M.; VANSLUYS, M.; ROCHA, C. F. D. Calling activity of *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura, Hylodidae) in an Atlantic Rainforest área at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil. **Belgian Journal of Zoology**, v. 137, n. 2, p. 203-207, 2007.

AN, D.; WALDMAN, B. Enhanced call effort in Japanese tree frogs infected by amphibian chytrid fungus. **Biology letters**, v. 12, n. 3, p. 2016-0018, 2016.

ANDERSON, R. C. **Nematode Parasites of Vertebrates**. Their Development and Transmission. New York, CABI Publishing, p. 650, 2000.

ANDERSSON, M. 1994. **Sexual Selection**. Princeton University Press, New Jersey, 599p.

ANDREANI, T. L.; OLIVEIRA, S. R.; GUERRA, V.; BASTOS, R. P.; MORAIS, A. R. The aggressive call of *Dendropsophus cruzi* (Pombal & Bastos, 1998) (Anura; Hylidae) in Central Brazil. **Zootaxa**, v. 4379, n. 1, p. 137-139, 2018.

BENTZ, S.; SINNAPPAH-KANG, N. D.; LIM, L. H. S.; LEBEDEV, B.; COMBES, C.; VERNEAU, O. Historical biogeography of amphibian parasites, genus *Polystoma* (Monogenea: Polystomatidae). **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 4, p. 742-749, 2006.

BOLEK, M. G.; COGGINS, J. R. Seasonal Occurrence and Community Structure of Helminth Parasites from the Eastern American Toad, *Bufo americanus*. **Compared Parasitology**, v. 67, n. 2, p. 202–209, 2000.

BOLEK, M. G.; COGGINS, J. R. Seasonal occurrence and communication structure of the helminth parasite community in green frogs, *Rana clamitans melanota*, Southeastern Wisconsin, USA. **Comparative Parasitology**, v. 68, n. p. 164-172, 2001.

BOLEK, M. G.; COGGINS, J. R. Helminth community structure of East American sympatric frog, *Bufo americanus americanus* northern frog, *Rana pipiens* and blue spotted salamander, *Ambystoma laterale* from southeastern Wisconsin. **Journal of Parasitology**, v. 89, n. 4, p. 673-680, 2003.

BOLLACHE, L.; GAMBADE, G.; CÉZILLY, F. The effects of two acanthocephalan parasites, *Pomphorhynchus laevis* and *Polymorphus minutus*, on pairing success in male *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 49, n. 4, p. 296-303, 2001.

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M.; SHOSTAK, A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. **Revisited**. **Journal of parasitology**, v. 83, p. 5755-583, 1997.

CAMPIÃO, K. M.; DA SILVA, I. C. O.; DALAZEN, G. T.; PAIVA, F.; TAVARES, L. E. R. Helminth parasites of 11 anuran species from the Pantanal Wetland, Brazil. **Comparative parasitology**, v. 83, n. 1, p. 92-101, 2016.

CAMPIÃO, K. M.; MORAIS, D. H.; DIAS, O. T.; AGUIAR, A.; TOLEDO, G.; TAVARES, L. E. R.; DA SILVA, R. J. Checklist of helminth parasites of amphibians from South America. **Zootaxa**, v. 3843, n. 1, p. 001-093, 2014.

CAMPIÃO, K. M.; SILVA, R. J.; FERREIRA, V. L. Helminth parasites of *Leptodactylus podicipinus* (Anura: Leptodactylidae) from south-eastern Pantanal, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Journal of Helminthology**, v. 83, n. 4, p. 345-349, 2009.

CHANDRA, P.; GUPTA, N. Habitat Preference and Seasonal Fluctuations in the Helminthofauna of Amphibian Hosts of Rohilkhand Zone, India. **Asian Journal of Experimental Science**, v. 21, p. 69-78, 2007.

CRESSLER, C. E.; NELSON, W. A.; DAY, T.; MCCAULEY, E. Starvation reveals the cause of infection-induced castration and gigantism. *Anais do congresso da Royal Society B: Biological Sciences*, v. 281, n. 1792, p. 2014-1087, 2014.

FELTON, A.; ALFORD, R. A.; FELTON, A. M.; SCHWARZKOPF, L. 2006. Multiple mate choice criteria and the importance of age for male mating success in the microhylid frog, *Cophixalus ornatus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 59, n. 6, p. 786-795, 2006.

FORBES, M. R. L. Parasitism and host reproductive effort. *Oikos*, p. 444-450, 1993.

FORSTER, O. C. 2017. **A influência parasitária de helmintos em aspectos reprodutivos de três espécies de anfíbios da RPPN Foz do Rio Aguapeí, município de Castilho, São Paulo, Brasil.** Tese apresentada ao Programa de Pósgraduação em Ciências Biológicas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

FULLER, C. A.; BLAUSTEIN, A. R. Effects of the parasite *Eimeria arizonensis* on survival of deer mice (*Peromyscus maniculatus*). *Ecology*, v. 77, n. 2196-2202, 1996.

GALDINO, C. A.; ÁVILA, R. W.; BEZERRA, C. H.; PASSOS, D. C.; MELO, G. C.; ZANCHI-SILVA, D. Helminths infection patterns in a lizard (*Tropidurus hispidus*) population from a semiarid Neotropical area: associations between female reproductive allocation and parasite loads. *Journal of Parasitology*, v. 100, n. 6, p. 864-867, 2014.

GERHARDT, H. C.; DOHERTY, J. A. Acoustic communication in the gray treefrog, *Hyla versicolor*: evolutionary and neurobiological implications. *Journal of Comparative Physiology*, v. 162, n. 2, p. 261-278, 1988.

GERHARDT HC, HUBER F. 2002. **Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions.** Chicago: University of Chicago Press.

GERHARDT, H. C. The evolution of vocalization in frogs and toads. *Annual Review of Systematics*, v. 25, n.1, p. 293-324, 1994.

GOODENOUGH, J.; MCGUIRE, B.; WALLACE, R. A. **Perspectives on Animal Behaviour**, New York, Wiley, 1993.

GREENSPAN, S. E.; ROZNIK, E. A.; SCHWARZKOPF, L.; ALFORD, R. A.; PIKE, D. A. Robust calling performance in frogs infected by a deadly fungal pathogen. *Ecology and evolution*, v. 6, n 16, p. 5964-5972, 2016.

GUIX, J. C. Actividad invernal de anuros en tres sierras del sudeste de Brasil. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, v. 7, n. 1, p. 31-34, 1996.

GUIMARÃES, L. D.; BASTOS, R. P. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. **Iheringia**, v. 93, n. 2, p. 149-158, 2003.

HAILMAN, J. P. Optical signals: **Animal communication and light**. Bloomington: Indiana University Press. p. 362, 1977.

HAUSELBERGER, K. F.; ALFORD, R. A. Effects of season and weather on calling in the Australian microhylid frogs *Austrochaperina robusta* and *Cophixalus ornatus*. **Herpetology**, v. 61, n. 4, p. 349-363, 2005.

HAUSFATER, G.; GERHARDT, H. C.; KLUMP, G. M. Parasites and mate choice in Gray Treefrog, *Hyla versicolor*. **American Zoologist**, v. 30, n. 2, p. 299-311, 1990.

HOLMES, J. C.; ZOHAR, S. **Pathology and host behaviour**. In: Barnard, C.J., Behnke, J.M. (Eds.), Parasitism and Host Behaviour. Taylor & Francis, London, p. 34-63, 1990.

HURD H. Host fecundity reduction: a strategy for damage limitation? **Trends in parasitology**, v. 17, n. 8, p. 363-368, 2001.

KAVALIERS, M.; COLWELL, D. D.; CHOLERISE, E. Parasites and Behaviour: An Ethopharmacological Perspective. **Parasitology Today**, v. 16, n. 11, p. 464-468, 2000.

KELEHEAR, C.; BROWN, G. P.; SHINE, R. Influence of lung parasites on the growth rates of free-ranging and captive adult cane toads. **Oecologia**, v. 165, n. 3, p. 585-592, 2011.

KLEIN, S. L. Parasite manipulation of host behavior: mechanisms, ecology, and future directions. **Behavioural processes**, v. 3, n. 68, p. 219-221, 2005.

KÖHLER, J.; JANSEN, M.; RODRÍGUEZ, A.; KOK, P. J. R.; TOLEDO, L. F.; EMMRICH, M.; GLAW, F.; HADDAD, C. F. B.; RÖDEL, M. O.; VENCES, M. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, 4251:1-124, 2017.

KRISTAN, D. M.; HAMMOND, K. A. Morphological plasticity varies with duration of infection: evidence from lactating and virgin wild-derived House Mice (*Mus musculus*) infected with an intestinal parasite (*Heligmosomoides polygyrus*: Nematoda). **Journal of Experimental Biology**, v. 207, n. 13, p. 2351-2360, 2004.

KYRIAZAKIS, I.; TOLKAMP, B.; HUTCHINGS, M. Towards a functional explanation for the occurrence of anorexia during parasitic infections. **Animal Behaviour**, v. 56, n. 2, p. 265-274, 1998.

LIMA, N. R. W. **História de Castradores Parasitários e seus Hospedeiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, v. 1. p. 96, 2014

LINDENFORS, P.; NUNN, C. L.; JONES, K. E.; CUNNINGHAM, A. A.; SECHREST, W.; GITTLEMAN, J. L. Parasite species richness in carnivores: effects of host body mass, latitude, geographical range and population density. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 4, p. 496-509, 2007.

LOCHMILLER, R. L.; DEERENBERG, C. Trade-offs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity? **Oikos**, v. 88, n. 1, p. 87-98, 2000.

MADELAIRE, C. B.; DA SILVA, R. J.; GOMES, F. R. Calling behavior and parasite intensity in treefrogs, *Hypsiboas prasinus*. **Journal Herpetology**, v. 47, n. 3, p. 450-455, 2013.

MADELAIRE, C. 2012. **Relação sazonal entre reprodução, imunidade e ocorrência de endoparasitas em anfíbios anuros da Caatinga**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MARTINEZ-BAKKER, M.; HELM, B. The influence of biological rhythms on host-parasite interactions. **Trends in ecology and evolution**, v. 30, n. 6, p. 314-326, 2015.

MÁRQUEZ, R.; BOSCH, J.; EEKHOUT, X. Intensity of female preference quantified through playback setpoints: call frequency versus call rate in midwife toads. **Animal Behaviour**, v. 75: 159-166, 2008.

MILNE, R.; BENNETT, L.; HOYLE, M. Weather variability permitted within amphibian monitoring protocol and affects on calling Hylidae. *Envir. Monit. And Assessment*. 183: 88798889, 2013.

MOORE J. 2002. Parasites and the behavior of animals. Oxford University Press.

MORAND, S.; GUÉGAN, J. F. How the biodiversity science may aid biological tools and ecological engineering to assess the impact of climatic changes. **Revue Scientifique et Technique**, v. 27, p. 355-366, 2008.

NAVAS, C. A. The effect of temperature on the vocal activity of tropical anurans: a comparison of high and low elevation species. **Journal of Herpetology**, v. 30, p. 488-497, 1996.

OLIVEIRA, C. R.; ÁVILA, R. W.; MORAIS, D. H. Helminths Associated with Three *Physalaemus* Species (Anura: Leptodactylidae) from Caatinga Biome, Brazil. **Acta parasitologica**, v. 64, n. 1, p. 205-212, 2019.

PARRIS, K. M.; VELIK-LORD, M.; NORTH, J. M. A. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. **Ecology and Society**, 14:25, 2009.

POULIN, R.; VICKERY, W. L. Parasite-mediated sexual selection: just how choosy are parasitized females? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 38, n. 1, p. 43-49, 1996.

POULIN, R. "Adaptive" changes in the behaviour of parasitized animals: a critical review. **International Journal for Parasitology**, 25: 1371-1383, 1995.

POULIN, R. 2007. Evolutionary ecology of parasites. Princeton university press.

PÜTTKER, T.; LUCHT, Y. M.; SOMMER, S. 2008. Effects of fragmentation on parasite burden (nematodes) of generalist and specialist small mammal species in secondary forest fragments of the coastal Atlantic Forest, Brazil. **Ecology Research**, v. 23, n. 1, p. 207-215, 2008.

QUEIROZ MS. 2015. **Helmintofauna de anfíbios família Leptodactylidae em três fisionomias de Cerrado**. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências. Botucatu.

RITKE, M. E.; BABB, J. G.; RITKE, M. K. Temporal patterns of reproductive activity in the gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). **Journal of Herpetology**, v. 26, n. 1, p. 107-111, 1992.

ROZNIK, E. A.; SAPSFORD, S. J.; PIKE, D. A.; SCHWARZKOPF, L.; ALFORD, R. A. Condition dependent reproductive effort in frogs infected by a widespread pathogen. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1810, p. 20150694, 2015.

RYAN, M. J. 2001. Anuran Communication. Smithsonian Institution Press, Washington, London, 252p.

RYAN, M. J. **Communication in frogs and toads**. In: Squire LR (ed.). Encyclopedia of Neuroscience. Academic Press, Oxford, USA, 2: 1159-1166, 2009.

SANTOS, V. G. T.; AMATO, S. B. *Polystoma cuvieri* (Monogenea, Polystomatidae) in *Physalaemus cuvieri* (Anura, Leiuperidae) in Southern Brazil. **Neotropical Helminthology**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2012.

SCHULTZ, E. T.; TOPPER, M.; HEINS, D. C. Decreased reproductive investment of female threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* infected with the cestode *Schistocephalus solidus*: parasite adaptation, host adaptation, or side effect? **Oikos**, v. 114, n. 2, p. 303-310, 2006.

SCHÜPBACH, H. U.; BAUR, B. Parasitic mites influence fitness components of their host, the land snail *Arianta arbustorum*. **Invertebrate Biology**, v. 127, n. 3, p. 350-356, 2008.

SMALES, L. R. Acanthocephala in Amphibians (Anura) and Reptiles (Squamata) from Brazil and Paraguay with description of a new species. **Journal of Parasitology**, v. 93, n. 2, p. 392-398, 2007.

STEELMAN, C. K.; DORCAS, M. E. Anuran calling survey optimization: developing and testing predictive models of anuran calling activity. **Journal of Herpetology**, v. 44, n. 1, p. 61-68, 2010.

TINSLEY, R. C.; CABLE, J.; PORTER, R. Pathological effects of *Pseudodiplorchis americanus* on the lung epithelium of its host, *Scaphiopus couchii*. **Parasitology**, v. 125, n. 2, p. 143-153, 2002.

TODD, B. D. Parasites lost? An overlooked hypothesis for the evolution of alternative reproductive strategies in amphibians. **The American Naturalist**, v. 170, n. 5, p. 793-799, 2007.

TOLEDO, L. F.; MARTINS, I. A.; BRUSCHI, D. P.; PASSOS, M. A.; ALEXANDRE, C.; HADDAD, C. F. B. The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**. v. 18, n. 2, p. 87-99, 2015.

TUTTLE, M. D.; RYAN, M. J. Bat predation and evolution of frog vocalizations in the Neotropics. **Science**, v. 214, n. 4521, p. 677-678, 1981.

WELLS, K. D. **The courtship of frogs**. In: Taylor DH, Guttman SI, (editors). The reproductive biology of amphibians. New York (NY): Plenum Press. p. 233–262, 1977.

WELLS KD. 2007. The ecology and behavior of amphibians. 1 ed. Chicago: The University of Chicago Press.

ZIMMERMAN BL. 1994. Audio strip transects. p. 92-97. In: Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians. HEYER, W. R.; DONNELLY, M. A. R.; MCDIARMID, W.; HAYEK, L. A. C.; FOSTER, M. S. (Eds). Smithsonian Institution Press, Washington D.C., U.S.A.

---

**[BJB] Decisão Editorial BJB-230774 - 81.4**

---

Brazilian Journal of Biology <bjb@bjb.com.br>  
Para: Heitor Machado <heitortdsm@gmail.com>

23 de abril de 2020 08:55

Prezado(a) Autor(a) *Heitor Machado*

Pela presente, vimos informar-lhe que seu manuscrito intitulado “**Feeding habits of *Dermatonotus muelleri* (Anura, Microhylidae) from a semiarid region in Pernambuco state, Northeastern Brazil**” foi aceito no Brazilian Journal of Biology.

Data prevista para publicação: Volume 81.4, porém o artigo será disponibilizado bem antes no “**ahead of print**” da SciELO com o respectivo número do DOI, mediante ao pagamento da referida taxa de publicação, que informaremos assim que o mesmo for editado/diagramado (previsto para o 2º semestre de 2020).

Caso não haja mais interesse na referida publicação, informar imediatamente, pois uma vez iniciado o processo de diagramação/publicação, a retirada do artigo implicará em uma taxa estipulada pela administração da ASRBB – Associação da Revista Brasileira de Biologia (mantenedora do Brazilian Journal of Biology).

**RELEMBRANDO:**

**VALOR DE R\$ 220,00 POR PÁGINA EDITADA/DIAGRAMADA.**

06/03/2020

Gmail - Article submission of Diet, reproduction and sexual size dimorphism of Boana raniceps (Anura: Hylidae) in a Caatinga area...



Heitor Machado &lt;heitortdsm@gmail.com&gt;

---

**Article submission of Diet, reproduction and sexual size dimorphism of Boana raniceps (Anura: Hylidae) in a Caatinga area, northeastern Brazil**

---

phyllomedusa USP <phyllomedusa@usp.br>  
Para: Heitor Machado <heitortdsm@gmail.com>

11 de novembro de 2019 15:20

Oi, Heitor, recebi seu ms, obrigado. Por favor aguarde 90 dias para uma decisão (excluindo dezembro e janeiro), mas entrarei em contato assim que tiver notícias, ok? Seu ms é o MS#19-54 Phyllomedusa (anexo).

Um abraço, Jaime  
[Texto das mensagens anteriores oculto]

---

 MS#19-54 Phyllomedusa.doc  
784K

**Diet, reproduction and sexual size dimorphism of *Boana raniceps* (Anura: Hylidae) in a Caatinga area, northeastern Brazil**

**Heitor Tavares de Sousa Machado<sup>1,2,\*</sup>, Cristiana Ferreira da Silva<sup>3</sup>, Ronildo Alves Benício<sup>1,2</sup> and Robson Waldemar Ávila<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Herpetologia, Departamento de Química Biológica, Universidade Regional do Cariri, Rua Coronel Antônio Luiz, 1161, Campus do Pimenta, 63105-000, Crato, CE, Brazil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Bioprospecção Molecular, Universidade Regional do Cariri, Rua Coronel Antônio Luiz, 1161, Campus do Pimenta, 63105-000, Crato, CE, Brazil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Departamento de Parasitologia, Laboratório de Parasitologia de Animais Silvestres, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Avenida Bento Lopes s/n Distrito de Rubião Junior, 18080-970, Botucatu, SP, Brazil.

<sup>4</sup> Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Avenida da Universidade, 2853. Benfica, 60020-181, Fortaleza, CE, Brazil.

\*E-mail: [heitortavres@hotmail.com](mailto:heitortavres@hotmail.com)

**Abstract**

**Diet, reproduction and sexual dimorphism of *Boana raniceps* (Anura: Hylidae) in a Caatinga area, northeastern Brazil.** Despite the widespread distribution, studies on natural history and ecology of *Boana raniceps* are still scarce. Here, we analyze the diet, reproduction and sexual dimorphism of a *B. raniceps* population in an area of Caatinga,

northeastern Brazil. We observed that *B. raniceps* is generalist, with a great diversity of prey categories, but with a certain preference for Coleoptera. The Relative Importance Index (RII) for each prey category differed between males, females and juveniles, being Orthoptera more consumed by males and Hymenoptera for females. Females were found carrying eggs during the rainy and dry season. The number of eggs ranged from 153 to 3904 ( $1043.591 \pm 1086$ ). Among males and females, size was not a limiting factor in fecundity; there was no difference in litter size between females and snout-vent length (SLV) in males. For this population, there was sexual dimorphism of size, with females being larger ( $SLV = 70.17 \pm 5.44$ ) than males ( $SVL = 64.25 \pm 2.68$ ).

**Keywords:** Amphibians, Ceará, Coleoptera, Diet composition, Natural history, semiarid.

## **Resumo**

**Dieta, reprodução e dimorfismo sexual de *Boana raniceps* (Anura: Hylidae) em uma área de Caatinga, nordeste do Brasil.** Apesar da ampla distribuição, trabalhos de história natural e ecologia de *Boana raniceps* ainda são escassos. Aqui, nós analisamos a dieta, reprodução e dimorfismo sexual de uma população de *B. raniceps* em uma área de Caatinga, nordeste do Brasil. Observamos que a composição alimentar de *B. raniceps* é generalista, com uma grande diversidade de diferentes categorias de presas, mas com uma certa preferência por Coleoptera. O Índice de Importância Relativa (RII) para cada categoria de presa diferiu entre machos, fêmeas e juvenis ( $\chi^2 = 147,79$ ,  $df = 18$ ,  $p < 0.001$ ), sendo que os machos optaram mais por Orthoptera, fêmeas por Hymenoptera e juvenis por Coleoptera. Fêmeas foram encontradas portando ovos durante o período chuvoso e seco. O número de ovos variou de 153 a 3904 ( $1043.591 \pm$

1086). Entre machos e fêmeas, o tamanho não foi fator limitante na fecundidade, não havendo diferença no tamanho da ninhada entre as fêmeas e no comprimento rostro-ventral (SLV) nos machos. Para essa população, houve dimorfismo sexual, com as fêmeas sendo maiores (SLV =  $70.17 \pm 5.44$ ) que os machos (SVL =  $64.25 \pm 2.68$ ).

**Palavras-chave:** Anfíbios, Ceará, Composição da dieta, Coleoptera, História natural, Semiárido.

## Introduction

Within the amphibian order Anura, the Hylidae family is highlighted by its high richness, with 1.001 known species (Frost 2019) In Brazil, hylids are represented by 361 species, distributed in 20 genera (Segalla et al. 2019). Hylids in the genus *Boana* Gray 1825, comprises 63 species, being widely distributed in Neotropical region, from Nicaragua to Argentina, including the islands of Trinidad and Tobago (Frost 2019). Species of this genus are subdivided into seven monophyletic groups (Faivovich et al. 2005): *Boana albopunctata* (Spix, 1824), *Boana benitezi* (Rivero, 1961), *Boana faber* (Wied, 1821), *Boana pellucens* (Werner, 1901), *Boana pulchella* (Duméril and Bibron, 1841), *Boana punctata* (Schneider, 1799) and *Boana semilineata* (Spix, 1824).

Many studies on the natural history of species of *Boana* address aspects of their reproductive biology (Guimarães and Bastos 2003, Giasson and Haddad 2007, Muniz et al. 2008, Reinke and Deiques 2010, Lisboa et al. 2011, Lima et al. 2013) and diet (Vaz-Silva et al. 2004, Araújo et al. 2007, Sabagh et al. 2010, Telles et al. 2013, Barbosa et al. 2014, Leite-Filho et al. 2017, Pacheco et al. 2017, Moser et al. 2019), in different Brazilian biomes (Cerrado, Amazon Rainforest, Atlantic Forest and Pantanal).

However, knowledge about dietary and reproductive patterns and sexual dimorphism in species of the *Boana* genus in the Caatinga domain is scarce.

Prey ingestion can be affected by several factors, such as body size and shape, foraging behavior, phylogeny and reproduction (Parmele 1999). Treefrogs in the Hylidae family are usually generalists and opportunists, with dietary specialization in special conditions (Parmele 1999, Brandão 2001). Morphology is also related to dietary divergences, where the prey type may vary with predator body size and jaw length (Munoz-Guerrero *et al.* 2007).

Most species of tropical anurans can reproduce throughout the year (Duellman and Trueb 1986). However, in many species, reproduction is associated with rainfall seasonality (Duellman and Trueb 1986). In general, many species have a positive relationship between body size and egg production (Prado and Haddad 2005). Therefore, the size of children is positively correlated with the fecundity of various frog species (Lemckert and Shine 1993, Lüddecke 2002, Prado and Haddad 2005).

*Boana raniceps* (Cope, 1862) belonging to the *Boana albopunctata* group and is one of the most distributed species, occurring in Argentina, Bolivia, Brazil, French Guiana, Paraguay and Venezuela (Uetanabaro *et al.* 2008), inhabiting several habitats, including forests, lagoons, puddles and rivers, even degraded and urban habitats (Frost 2019). Studies regarding biological aspects of *B. raniceps* were conducted in Atlantic forest fragment, Paraíba state (Leite-Filho *et al.* 2017), in the Pantanal, Mato Grosso do Sul state (Sabagh *et al.* 2010) and in the Cerrado, Goiás state (Guimarães and Bastos 2003). Thus, the present study provides information on the dimorphism of *B. raniceps* diet, reproduction and sexual size in an area of Caatinga, northeastern Brazil.

## **Materials and Methods**

Fieldwork was carried out in Mauriti municipality (7°23'21"S and 38°46'28"W), southern Ceará state, northeastern Brazil (Figure 1). The studied region is located at the Caatinga domain with tropical semiarid climate, annual rainfall is 872mm and temperatures from 24°C to 26°C. The area is covered by arboreal-shrubby caatinga and arboreal caatinga (Ipece 2017).

Specimens were captured during visual surveys in five days in November 2013 (dry season) and February 2014 (rainy season). Individuals were collected manually and euthanized with a lethal injection of Sodium Thiopental, then fixed with 10% formalin and preserved with 70% ethanol (Franco and Salomão 2002). All collected specimens were deposited in the Coleção Herpetológica da Universidade Regional do Cariri-URCA. Prior to fixation, we took mass with spring scales (Pesola®) and measurements with a digital caliper (0.01 mm precision). The following morphological variables were taken (according to Napoli and Pimenta 2009): snout-vent length (SVL), head width (HW), head length (HL), head height (HH), jaw length (JL), forearm length (FL), arm length (AL), hand length (HAL), thigh length (TL) and foot length (FOL). All data for statistical analysis were tested for normality and homoscedasticity with Shapiro-Wilk and Levene test, respectively. When the assumptions for parametric variables were not met, we log-transformed the data (Zar 2010), and applied non parametric tests (Sokal and Rolf 1985).

For diet, the stomach of each specimen was removed and the contents analyzed under a stereomicroscope to identify prey items to the most inclusive taxonomic level possible (e.g., order). Prey items that could not be identified due to advanced stage of digestion were included in the “unidentified remains” category. We recorded length and width (0.01 mm) of intact items with digital calipers and estimated prey volume ( $V$ ) using the ellipsoid formula:  $V=4/3.\pi(L/2).(W/2)^2$ , where  $V$ = volume,  $L$ = length and  $W$ =

width To determine the relative contribution of each prey category, we calculated the relative importance index (RII) for pooled individuals and separately by sex and adults/juveniles using the formula (Powell *et al.* 1990):  $RII = (F\%+N\%+V\%)/3$ , where  $F\%$ ,  $N\%$  and  $V\%$  are the percentages of frequency, number and volume of prey, respectively. A Correspondence analysis (CA) were performed with  $RII$  values to test differences between sex and age class.

Sex was assigned by dissection and direct examination of the gonads, considering males analyzed as reproductively mature (adult) because they all showed convoluted epididymides. We considered females as reproductive actively when they possessed mature ovarian eggs. To evaluate the influence of body size on fecundity we performed a Pearson correlation between testicular volume for males and number of eggs for females with snout-vent length (SVL). To access sexual differences in morphological variables, we conducted Mann-Whitney tests, and the variables without statistical significance ( $p > 0.05$ ) were taken from the following analyzes. Subsequently, a Principal Component Analysis (PCA) was used to inspect distribution of data between the sexes, as well as to evaluate if any variable emerges as discriminant in the morphometric distinction, based on the contribution load of each variable for the main components indicated by the parallel analysis (Peres-Neto *et al.* 2005). Finally, because the PCA did not statistically account for the difference between the two groups, we used a PERMANOVA to evaluate if they present a statistically significant difference.

## Results

We analyzed 34 specimens of *Boana raniceps*, being 18 males, 11 females and five juveniles. Of these, 29 (85.29%) presented stomach contents. We found 85 prey items, distributed in 10 prey categories (Table 1). Coleoptera (69.41%) was more

important numerically in the diet of *B. raniceps*, followed by Formicidae (9.41%) and Mantodea (7.05%). Coleoptera is also more important volumetrically (27.87%), in frequency (52.08%) and had the highest Relative Importance Index (RII) (49.79%). Formicidae and Mantodea were also more important in frequency (12.5% each). Regarding RII, Hymenoptera and Orthoptera had the highest values after Coleoptera, with 16.28% and 8.53% respectively (Table 1).

Relative Importance Index for each prey category differed between males, females and juveniles ( $\chi^2 = 147.79$ ,  $df = 18$ ,  $p < 0.001$ ). Coleoptera was the prey category that contributed most in the diet of adults and juveniles, followed by Hemiptera which contributed with 22.37% in females' diet and Orthoptera (18.31%) in males' diet. Blattodea was consumed only by juveniles, contributing with 19.53% (Figure 3).

Males presented 58.13 to 69.72mm SVL ( $64.25 \pm 2.68$ ) and females 62.06 to 78.57mm SVL ( $70.17 \pm 5.44$ ). Number of eggs varies from 153 to 3904 ( $1043.591 \pm 1086$ ). Testicular volume varies from  $3.021\text{mm}^3$  to  $9.367\text{mm}^3$  ( $5.502\text{mm}^3 \pm 2,01$ ). Both volume of testicles and number of eggs are not correlated to SVL ( $t = 0.53475$ ,  $p = 0.6002$ ;  $t = 0.39945$ ,  $p = 0.6989$ , respectively).

*Boana raniceps* exhibited sexual size dimorphism, where females were larger than males ( $w = 162$ ;  $p < 0.05$ ). As the analyzed morphometric variables are correlated with the SLV, we removed this effect and redid the analyzes. After excluding the autocorrelated variables, there were no significant differences between the morphometric variables analyzed between the sexes (Table 2).

## Discussion

We recorded high diversity in the diet, which reflects the generalist behavior of *Boana raniceps*. In general, Hylids are considered generalist predators, including several species in the genus *Boana*, whereas the characteristics that define a generalist species can be expressed by the use and tolerance of a wider range of resources (Peers *et al.* 2012). For example, *B. albopunctatus* consumed 9-13 prey categories (Araújo *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2011, Pacheco *et al.* 2017), *Boana semilineata*, *Boana pombali*, and *Boana cinerascens* consumed 10 different categories of prey (Telles *et al.* 2013, Protázio *et al.* 2017). In the present study, *Boana raniceps* can also be considered as a dietary generalist species, since 10 prey categories were recorded. Likewise, Sabagh *et al.* (2010) and Leite-Filho *et al.* (2017) found 11 and 13 prey categories in the diet of *B. raniceps* from Pantanal wetlands and Atlantic Forest, respectively.

Wide ranging species may have ecological aspects, such as diet, influenced by climate or physical aspects of the environment (Mesquita *et al.* 2018). Some lizards may vary their type, size and amount of prey among different populations (Parker and Pianka 1975, Vitt and Colli 1994, Vitt *et al.* 1998). For example, in a study conducted by Siqueira *et al.* (2013), *Tropidurus torquatus* diet consisted of arthropods, mollusks and plant material. In the nine populations studied, although the diet was predominated by the family Formicidae and the order Isoptera, the amount of lizard stomachs differed from one region to another. Thus, the different volumetric quantities of prey may be influenced by local environmental factors, especially the availability of food items. For *B. raniceps*, Coleoptera, Hymenoptera (Formicidae) and Mantodea were the most consumed items in the Caatinga (this study), while Coleoptera, Blattaria and Aranae were the most important prey in Pantanal (Sabagh *et al.* 2010) and Coleoptera, Acari and Aranae in the Atlantic forest (Leite-Filho *et al.* 2017). Thus, even in different ecosystems, the quantity and the Relative Importance Index in the predation of

Coleoptera by *B. raniceps* is more effective in relation to the other prey, which suggests the generalist and opportunistic character of the species. This fact may be due to the abundance and availability of taxon prey in the different habitats.

Most tropical anurans are able to reproduce throughout the year, and rainfall is the main limiting factor influencing reproductive activity (Haddad and Sazima 1992, Duellman and Trueb 1994). Moreover, other factors may also limit the reproductive period (Wells and Schwartz 1982), such as vegetation and the presence of predators (Tuttle and Ryan 1981, Abruñhosa *et al.* 2006). For example, individuals who exhibit some tolerance to climatic variation generally have prolonged breeding (Wells 1977). In the present study, *B. raniceps* presented prolonged reproduction, with females carrying eggs during the rainy and dry season. The same pattern was observed for the same species in a Cerrado area, where the reproductive period occurred from November to February (Guimarães and Bastos 2003), Pantanal (Prado and Haddad 2005) and Caatinga (Oliveira *et al.* 2018). Prolonged breeders are also recorded in the genus *Boana*, such as *B. albopunctatus*, *B. crepitans*, *B. faber* and *B. multifasciata* (Heming *et al.* 2008, Muniz *et al.* 2008, Lima *et al.* 2013, Nascimento *et al.* 2015), as well other hylids, such as *Aparasphenodon arapapa* (Lantyer-Silva *et al.* 2014), *Dendropsophus minutus* (Leivas *et al.* 2018) and *Scinax fuscomarginatus* (Toledo and Haddad 2005).

Reproduction was annual, with females were found carrying eggs during the rainy and dry season. According to Kaplan (1987), females that produce a larger litter contribute to a higher survival rate of their offspring. Clutch size in *B. raniceps* (1732.3 eggs) is similar to that recorded for other species in the genus, such as *B. albopunctata* (948.78 eggs - Santos 2008) and *B. crepitans* (2053.5 eggs - Nascimento *et al.* 2015). Furthermore, Guimarães and Bastos (2003) and Prado and Haddad (2005) found that larger females of *B. raniceps* presented higher numbers of eggs than smaller individuals

females. However, in the present study, there was no significant relationship between number of eggs and body size of the females, as also observed for *B. crepitans* in other studies (e.g., Santos 2008, Nascimento *et al.* 2015).

Anuran females are commonly larger than males, and this feature may be related to the larger space available for more eggs (Shine 1979, Wells 2007). Although among males and females the size was not a limiting factor in fecundity – there was no difference in litter size between females or SVL; the present study found larger females than males, as well as other studies (Özdemir *et al.* 2012, Cajade *et al.* 2013, Otero *et al.* 2017). Thus, female growth for this population of *B. raniceps* is not related to the selective pressures involved in female fertility, since the number of eggs found did not show a significant correlation with body size. Thus, species that present larger females than males may be the result of other types of pressures, such as interspecific interactions between males and females competing for the same ecological niche (Shine 1989).

In general, there are no intersexual differences in anurans diet (Maneyro *et al.* 2004; Almeida *et al.* 2010, Wachlewski *et al.* 2011; Moro *et al.* 2012, Sugal *et al.* 2012). However, individuals of the same species may differ in resource use (Van-Valen 1965, West 1988, Estes *et al.* 2003). For example, importance index was different among prey types of *B. raniceps*, with Orthoptera as the most important prey for males and Hymenoptera for females. For juveniles, both Coleoptera and Blattodea were the most important prey types, being the latter only consumed by juveniles. Thus, morphological features and age class may be related to selection of prey types (Polis 1984, Schoener 1986, Smith, Skúlason 1996).

One explanation for this differentiation of food items may be through the Optimal Foraging Theory, where the consumption of certain prey is influenced by the

energy requirement used by the specimen (Schoener 1971, Bolnick *et al.* 2003). Thus, intersexual variation in diet found here may be related to the way each individual allocates their energies. For example, males spend most of their energy reserves vocalizing and to maintain and defend their territory (Wells 2007), while females invest in egg production (Shine 1979, Halliday and Verrell 1988).

Head size in anurans corresponds to the choice of prey size to be captured (Duellman and Trueb 1986, Lima and Moreira 1993). However, no differences in order and size of prey were found in relation to the body size of the individual, since the lip commissure (CLAB) showed no difference in relation to body size between genders. Despite the morphometric variables analyzed (such as CLAB) did not show significant differences between the sexes, females, even though they were smaller in number, ingested a larger volume and number of prey and also had a higher frequency of consumption. This behavior can be explained by the fact that females allocate more energy to egg production (Shine 1979, Halliday and Verrell 1988). In addition, other variables such as leg length (LL) and foot length (FL) also showed a biased growth in the females of this population. Although these characteristics are found in most frogs of both sexes because of saltatory methods in locomotion (Hirai and Matsui 2001), Shou *et al.* (2005), have suggested that these traits may help females support more weight during pregnancy, mated male transportation, improved swimming and evading predators. On the other hand, some authors claim that males tend to have larger forelegs, as they have a better ability to stay active in amplexes (Wells 1977, Berven 1981, Liao *et al.* 2012). In this study, the variables related to the forelimbs that we measured also showed no significant differences between the sexes.

Our study adds important ecology and natural history data of a species widely distributed in Brazil. We observed that the *Boana raniceps* food composition is wide,

with a great diversity of different prey categories, but with a certain preference for Coleoptera, which suggests the generalist and opportunistic character of the species. Reproduction was prolonged with the females carrying eggs during the rainy and dry season. For this population, there was sexual dimorphism of size, with females being larger than males.

### **Acknowledgments**

We thank the Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) for the collection permit (SISBio 29613). This study was authorized by ethics committee of the Universidade Regional do Cariri (CEUA/URCA process nº 00026/2015.2). To Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP, Proc.0008-00344.01.13/18) for financial support. To Herivelto Faustino de Oliveira for making the map, and to two anonymous referees for manuscript revisions. RAB and RWA thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Proc. 155556/2018-5; 305988/2018-2) for a research fellowship.

### **References**

- Almeida, M. P., P. M. O. Lins, P. Charvet-Almeida, and R. B. Barthem. 2010. Diet of the fresh water stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 70: 155–162.
- Araújo, F. R. R. C., A. Bocchiglieri, and R. M. Holmes. 2007. Ecological aspects of the *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae) in central Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 45: 165–169.

- Barbosa, A. S., M. Oliveira, A. L. Leal, C. Von Mühlen, C. S. Spindler, and M. Solé. 2014. Diet of *Hypsiboas leptolineatus* (Braun and Braun, 1977) (Amphibia: Anura: Hylidae) during the breeding season. *Herpetology Notes* 7: 505–508.
- Duellman, W. E. and L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. New York. Johns Hopkins University Press. 670 pp.
- Estes, J. A., M. L. Riedman, M. M. Staedler, M. T. Tinker and B. E. Lyon. 2003. Individual variation in prey selection by sea otters: patterns, causes and implications. *Journal of Animal Ecology* 72: 144–155.
- Faivovich, J., C. F. B. Haddad, P. C. A. Garcia, D. R. Frost, J. A. Campbell and W. C. Wheeler. 2005. 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* 294: 1–240.
- Franco, F. L. and M. G. Salomão. 2002. Collection and preparation of reptiles for scientific collections: initial considerations. Pp. 76–115 in P. Auricchio and M. G. Salomão (ed.), *Vertebrate collection and preparation techniques for scientific and educational purposes*. São Paulo. Terra Brasilis.
- Giasson, L. O. M. and C. F. B. Haddad. 2007. Mate Choice and Reproductive Biology of *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 2: 157–164.
- Guimaraes, L. D. and R. P. Bastos. 2003. Vocalizations and acoustic interactions in *Hyla raniceps* (Anura, Hylidae) during reproductive activity. *Iheringia* 93: 149–158.
- Ipece. 2019. Ceará State Planning Institute - Ceará Statistical Yearbook. Available at: <http://www.ipece.ce.gov.br>. Captured on 01 October 2019.

- Leite-Filho, E., F. A. Oliverira, F. J. Eloi, C. N. Liberal, A. O. Lopes, and D. O. Mesquita. 2017. Evolutionary and ecological factors influencing anuran community structure in an Atlantic Rainforest urban Fragment. *Copeia* 105: 64–74.
- Lemckert, F. L. and Shine, R. 1993. Costs of reproduction in a population of the frog *Crinia signifera* (Anura: Myobatrachidae) from Southeastern Australia. *Journal of Herpetology* 27: 420–425.
- Lima, M. S. C. S., J. Pederassi, and C. A. S. Souza. 2013. Ecological aspects of the reproduction of *Hypsiboas faber* (Anura, Hylidae) in Sítio Forte Cove, Ilha Grande, Angra dos Reis, Brazil. *Comunicata Scientiae* 4: 195–202.
- Lisboa, E. B. F., G. J. B. Moura, I. V. C. Melo, E. V. E. Andrade and J. M. Figueiredo Júnior. 2011. Ecology of *Hypsiboas semilineatus* (Spix, 1824) (Amphibia, Anura, Hylidae) in remnant of Atlantic Forest, northeastern Brazil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 2: 21–30.
- Lüddecke, H. 2002. Variation and trade-off in reproductive output of the Andean frog *Hyla labialis*. *Oecologia* 130: 403–410.
- Maneyro, R., D. E. Naya, I. Rosa, A. Canavero and A. Camargo. 2004. Diet of the South American frog *Leptodactylus ocellatus* (Anura, Leptodactylidae) in Uruguay. *Iheringia Série Zoológica* 94: 57–61.
- Moro, G., P. Charvet and R. S. Rosa. 2012. Insectivory in *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), an endemic freshwater stingray from the Parnaíba River basin, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72: 885–891.
- Moser, C. F., M. Oliveira, F. R. Avila, D. Dutra-Araújo, R. K. Farina, and A. M. Tozetti. 2019. Diet and trophic niche overlap of *Boana bischoffi* and *Boana marginata* (Anura: Hylidae) in southern Brazil. *Biota Neotropica* 19: 1.

- Muniz, K.P.R., A. A. Giaretta, W. R. Silva and K. G. Facure. 2008. Self ecology of *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae) in Cerrado area in southeastern Brazil. *Iheringia* 98: 254–259.
- Oliveria, J. C. D., J. F. Oliveira, D. F. da Silva Costa, D. J. Santana, S. K. Silva, and M. F. Chaves. 2018. Anuran composition in a Brazilian semi-arid environment with notes on reproductive activity. *Neotropical Biology and Conservation*, 13: 53–61.
- Pacheco, E. O., V. G. Ferreira and R. M. H. Carvalho. 2017. Diet of *Boana albopunctata* (Anura: Hylidae) in an Atlantic Forest fragment of southeastern Brazil. *Phyllomedusa* 16: 57–62.
- Parker, W. S and E. R. Pianka. 1975. Comparative ecology of populations of the lizard *Uta stansburiana*. *Copeia* 1975: 615–632.
- Parmelee, J. R. 1999. Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Natural History Museum the University of Kansas* 11: 1–59.
- Powell, R., J. S. Parmelee, M. A. Rice, and D. D. Smith. 1990. Ecological observations of *Hemidactylus brookihaitianus* Meerwath (Sauria: Gekkonidae) from Hispaniola. *Caribbean Journal of Science* 26: 67–70.
- Polis, G. A. 1984. Age structure component of niche width and intraspecific resource partitioning: can age-groups function as ecological species? *The American Naturalist* 123: 541–564.
- Prado, C. and Haddad, C. F. 2005. Size-fecundity relationships and reproductive investment in female frogs in the Pantanal, South-Western Brazil. *The Herpetological Journal*, 15: 181–189.
- Reinke, M. and C. H. Deiques. 2010. Natural history of *Hypsiboas leptolineatus* (Anura: Hylidae) in Aparados da Serra National Park, Rio Grande do Sul, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation* 5: 188–196.

- Sabagh, L.T., V. L. Ferreira and C. F. D. Rocha. 2010. Living together, sometimes feeding in a similar way: the case of the syntopic hylid frogs *Hypsiboas raniceps* and *Scinax acuminatus* (Anura: Hylidae) in the Pantanal of Miranda, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 955–959.
- Segalla, M. V., U. Caramaschi, C. A. G. Cruz, P. C. A. Garcia, T. Grant, C. F. B. Haddad, D. J. Santana, L. F. Toledo and J. A. Langone. 2019. Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira* 8: 65–96.
- Shapiro, S. S. and M. B. Wilk. 1995. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52: 591–611.
- Siqueira, C. C., M. C. Klefer, M. V. Sluys, C. F. D. Rocha. 2013. Variation in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* along its coastal range in Brazil. *Biota Neotropica* 13: 93–101.
- Sokal, R. R. and F. J. Rolf. 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. New York. W.H. Freeman and Company.
- Sugai, J. L. M. M., J. S. Terra, V. L. Ferreira. 2012. Diet of *Leptodactylus fuscus* (Amphibia: Anura: Leptodactylidae) in the Pantanal of Miranda river, Brazil. *Biota Neotropica* 12: 99–104.
- Schoener, T. W. 1986. Resource Partitioning. In: Kikkawa, J.; Anderson, D. J. (Ed.) Community Ecology: pattern and process. Boston: *Blackwell Scientific* 91–126.
- Telles, D. O. C., S. A. F. Vaz, and M. Menin. 2013. Reproductive biology, size and diet of *Hypsiboas cinerascens* (Anura: Hylidae) in two urban forest fragments in Central Amazonia, Brazil. *Phyllomedusa* 12: 69–76.
- Uetanabaro, M., C. P. A. Prado, D. J. Rodrigues, M. Gordo, and Z. Campos. 2008. Field guide to the anurans of the Pantanal and surrounding Cerrados. Cuiabá. Editora UFMS. 192 pp.

- Vaz-Silva, W., H. L. R. Silva, and N. J. S. Junior. 2004. *Hyla albopunctata* (Spotted Treefrog). Diet. *Herpetological Review* 35: 158.
- Van-Valen, L. 1965. Morphological variation and width of ecological niche. *The American Naturalist* 99: 377–390.
- Vitt, L. J. and G. R. Colli. 1994. Geographical ecology of a Neotropical lizard: *Ameiva ameiva* (Teiidae) in Brazil. *Canadian Journal of Zoology* 72: 1986–2008.
- Vitt, L. J., P. A. Zani, T. C. S. Avila-Pires and M. C. Espósito. 1998. Geographical ecology of the gymnophthalmid lizard *Neusticurus eupleopus* in the Amazon rain forest. *Canadian Journal of Zoology* 76: 1671–1680.
- Wachlevski, M., P. H. C. De-Souza, K. Kopp and P. C. Eterovick. 2008. Microhabitat use and feeding habits of *Crossodactylus bokermanni* Caramaschi and Sazima, 1985 (Anura, Hyloidae) at a site in south-eastern Brazil. *Journal of Natural History* 42: 1421–1434.
- West, L. 1988. Prey selection by the tropical snail *Thais melones*: a study of interindividual variation. *Ecology* 69: 1839–1854.
- Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall/Pearson. Upper Saddle River. 944 pp.

**Table 1.** Diet of *Boana raniceps* in a Caatinga area. F = absolute frequency, F% = relative frequency, N = Number of prey items, N% = relative number of prey items, V = Volume, V% = relative volume, and RII = Relative Importance Index.

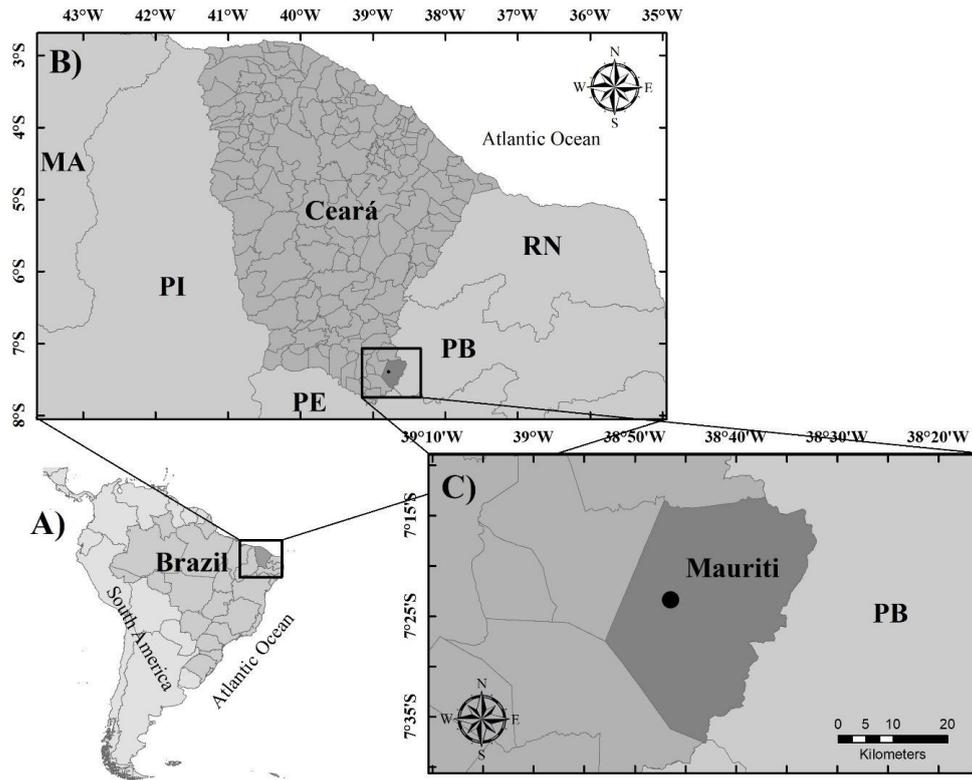
Category	F	F (%)	N	N (%)	V	V (%)	RII
<b>Insecta</b>							
Coleoptera	25	52.1	59	69.4	1748.1	27.9	49.8
Blattodea	1	2.1	1	1.2	26.9	0.4	1.2
Odonata	1	2.1	1	1.2	324.3	5.2	2.8
Formicidae	6	12.5	8	9.4	13.8	0.2	7.4
Mantodea	6	12.5	6	7.1	263.0	4.2	8
Hemiptera	3	6.2	4	4.7	2377.0	37.9	16.3
Hymenoptera	1	2.1	1	1.2	35.7	0.6	1.3
Lepidoptera	1	2.1	1	1.2	243.5	3.9	2.4
Orthoptera	3	6.2	3	3.5	993.2	15.8	8.5
<b>Mollusca</b>							
Gastropoda	1	2.1	1	1.2	244.6	3.9	2.4
<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>6270.375</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Table 2.** Mann–Whitney test results of sexual size dimorphism for each morphometric variable of *Boana raniceps*. Snout–vent length (SVL), head width (HW), head length (HL), head height (HH), jaw length (JL), forearm length (FL), arm length (AL), hand length (HAL), thigh length (TL), tibia length (TIL), and foot length (FOL). All values are given in mm.

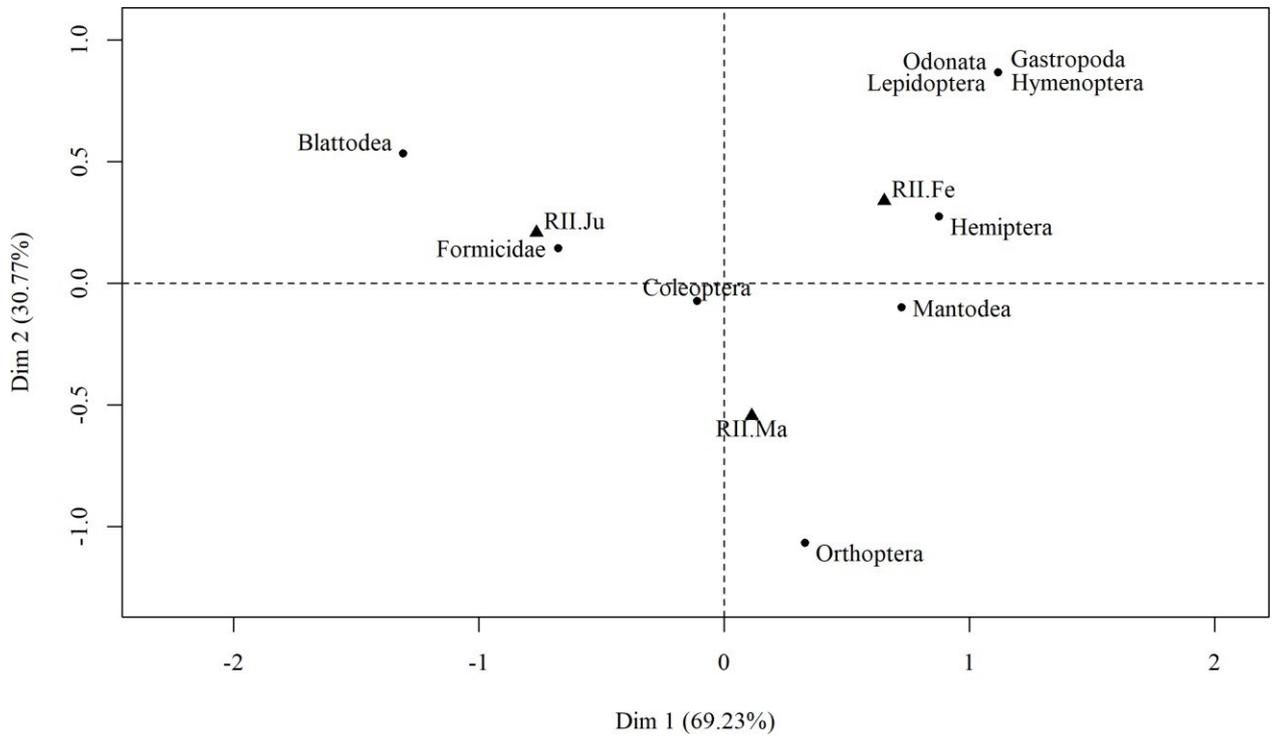
Variables	Males	Females	w	p
SVL	65.2	70.6	162	< 0.01
HW	21.0	22.1	112	0.5801
HL	22.3	23.2	87	0.6109
HH	8.9	10.0	120	0.3628
FL	10.4	12.4	118	0.412
AL	10.1	10.5	104	0.8424
HAL	18.5	21.3	117	0.4379
TL	36.1	37.6	111	0.6109
TIL	37.5	40.5	109	0.6744
FOL	45.3	48.9	94	0.8424
JL	39.1	40.9	74	0.2758

**Table 3.** Permanova results for sex differences of *Boana raniceps*. Df – degrees of freedom, Ss – Square sum, Ms – Mean squares, F –F statistics,  $r^2$  – model adjustment.

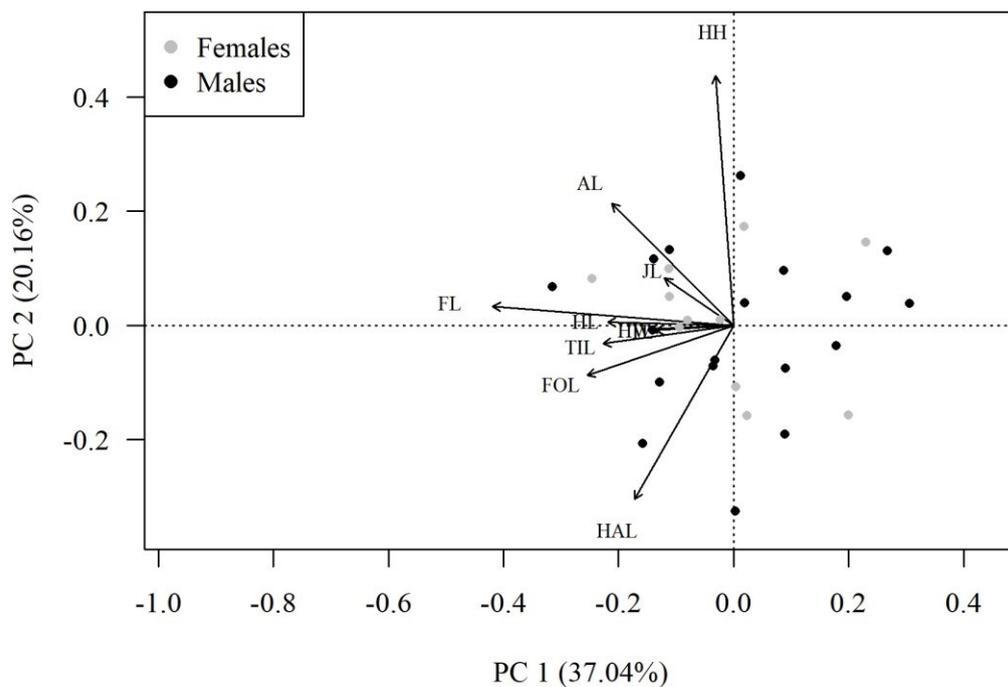
<b>Variables</b>	<b>GI</b>	<b>SQ</b>	<b>MQ</b>	<b>F</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
Sexes	1	0.02115	0.021148	0.51171	0.04	0.791
Residuals	27	1.11589	0.041329		0.95	
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>1.13704</b>				



**Figure 1.** Schematic map of the study site in the municipality of Mauriti, Ceará, Brazil. A: south america map. B: Ceara state map. C: city map of Mauriti.



**Figure 2.** Correspondence analysis with Relative Importance Index (RII) for each prey category in diet of males (RII Ma), females (RII Fe) and juveniles (RII ju) of *Boana raniceps* in an area of Caatinga, northeastern Brazil.



**Figure 3.** Principal component analysis scores on sexual size dimorphism of *Boana raniceps*. SVL: snout-vent length. HW: head width. HL: head length. HH: head height. JL: jaw length. FL: forearm length. AL: arm length. HAL: hand length. TL: thigh length. FOL: foot length.