



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ÁREA DE ZOOLOGIA)

**HISTÓRIA NATURAL DE *BRACHYCEPHALUS PITANGA* NO NÚCLEO
SANTA VIRGÍNIA, PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR, ESTADO
DE SÃO PAULO**

ELIZIANE GARCIA DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (área de concentração: Zoologia)

Abril - 2013

597.8
O48h Oliveira, Eliziane Garcia de
História natural de *Brachycephalus pitanga* (Anura:
Brachycephalidae) no Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual
da Serra do Mar, estado de São Paulo. / Eliziane Garcia de
Oliveira. - Rio Claro : [s.n.], 2013
78 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad

1. Anuro. 2. Reprodução. 3. Dieta. 4. Comportamento
social. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

ELIZIANE GARCIA DE OLIVEIRA

História natural de *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae) no Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, Estado de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad

Rio Claro
2013

ELIZIANE GARCIA DE OLIVEIRA

História natural de *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae) no Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, Estado de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).

Comissão Examinadora

Prof. Dr Célio F. B. Haddad

Profa. Dra. Cynthia P. A. Prado

Profa. Dra. Cinthia Aguirre Brasileiro

Rio Claro, 02 de abril de 2013



Ilustração: Raphael Dutra

Aos meus pequenos pingos de vida no chão da floresta

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido realizado sem o auxílio de muitas pessoas. Meu muito obrigada a cada uma delas e minhas sinceras desculpas aos que possa ter esquecido de mencionar.

Ao meu orientador Célio Haddad, que esteve sempre à disposição para me auxiliar antes e durante o trabalho de mestrado. Sou muito grata pela oportunidade de ter sido sua aluna durante esses anos. Ao coordenador da pós-graduação, que me orientou durante parte do mestrado, Denis Andrade.

Ao gestor do Núcleo Santa Virginia, João Paulo Villani e todos os funcionários do Parque, que sempre foram muito prestativos e me proporcionaram um clima muito agradável durante minhas estadias.

Às agências de financiamento CNPq e FAPESP e ao COTEC e ICMBio, pelas autorizações de trabalho.

A todos do laboratório de herpetologia da UNESP Rio Claro, pelas sugestões no trabalho e excelente convivência: Dina Maria, Nadya Pupin, Fábio “Quase” de Sá, Danilo “Jesus” Delgado, Lucas “Azeitona” Bandeira, Ariadne Sabbag, Francisco, Thereza Thomé, Thais Condez, Cinthia Brasileiro, Mariana Lyra, Carla Cassini, Victor Dill e a máquina de café.

Aos meus auxiliares de campo, que foram essenciais para a realização desse trabalho: Nadya Pupin, Carlos Gussoni, Thais Condez, Lucas Bandeira, Rafael Bovo, Ailton “Cascão”, Kauã, Karina Mello, Olga Togni, Julio Togni, Valesca, Tiago Queiroz e Herton Escobar. Os técnicos Sérgio e Fernando foram também de grande ajuda na logística do campos.

Selene Loibel foi de extrema importância na parte estatística do trabalho. Marcos Bornshein, Magno Segalla e Thaís Condez auxiliaram enviando-me bibliografias.

Ao Raphael Dutra pelo desenho e direitos de uso da prancha colorida.

Aos meus queridos medíocres do CBN 2006, Monizze, Manu, Vanelize, Pâmela, Gisele, Bruna, Naty, Cazuza, Dom, pelos momentos de descontração, fofocas e reclamações! Também sou muito grata aos moradores da Jererê pelos anos de boa convivência: Gábi, Kaki, Buna, Piper e Lan e aos moradores da Nemelés, minha segunda casa. Um obrigada muito especial ao Carlos Gussoni por todo apoio e carinho durante esse tempo e pela grande ajuda em todas as fases do projeto.

À minha família, por sempre me apoiarem.

SUMÁRIO

Introdução geral.....	6
Área de estudo	9
Objetivos e organização da dissertação	11
Referências bibliográficas	11
Capítulo 1 - Repertório acústico e interações sociais em <i>Brachycephalus pitanga</i> (Anura: Brachycephalidae)	15
Resumo	16
Abstract.....	16
1. Introdução.....	16
2. Material e métodos	18
3. Resultados.....	19
4. Discussão.....	28
5. Referências bibliográficas	31
Capítulo 2 - Variação sazonal e preferência alimentar de <i>Brachycephalus pitanga</i> (Anura: Brachycephalidae)	34
Resumo	35
Abstract.....	35
1. Introdução.....	36
2. Material e métodos	37
3. Resultados.....	39
4. Discussão.....	48
5. Referências bibliográficas	50
Capítulo 3 - Biologia reprodutiva e ecologia de <i>Brachycephalus pitanga</i> (Anura: Brachycephalidae)	53
Resumo	54
Abstract.....	54
1. Introdução.....	55
2. Material e métodos	57
3. Resultados.....	60
4. Discussão.....	69
5. Referências bibliográficas	74

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos de história natural buscam conhecer onde os organismos vivem e o que fazem em seus ambientes, incluindo interações com outros organismos. Trabalhos de tal natureza são essenciais para o conhecimento da biodiversidade e o delineamento de estratégias de conservação (GREENE E LOSOS, 1988). Os estudos de história natural baseiam-se em ecologia descritiva e etologia, seguidos de estudos experimentais de fatores que afetam a distribuição, abundância e interações entre os organismos (GREENE, 1994).

Quando tratamos de história natural de anfíbios anuros, diversos aspectos podem ser levados em consideração, entre eles podemos citar as características anatômicas, estruturas sensoriais, hábitos alimentares, vocalizações, proteção contra predadores, mecanismos de regulação de temperatura, área de vida, territorialidade, brigas, comportamento reprodutivo, características das desovas e juvenis (STEBBINS E COHEN, 1997).

Trabalhos sobre história natural são escassos e vêm sendo negligenciados, deixando no desconhecimento muitas das espécies (STEBBINS E COHEN, 1997). Essa falta de conhecimento fica mais evidente quando nos referimos a regiões tropicais, que apresentam uma grande diversidade de anfíbios anuros, muitos deles sequer descritos ainda (WELLS, 2007).

Para o Brasil, são conhecidas quase 1000 espécies de anuros nos diversos biomas encontrados no país (SBH, 2010), sendo a Mata Atlântica ao mesmo tempo a formação mais perturbada por ação antrópica, a mais diversa e com maior quantidade de endemismos (MORELLATO E HADDAD, 2000; HADDAD E PRADO, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2009). Mais que espécies endêmicas, grupos inteiros são restritos a essa formação, como é o caso da família Brachycephalidae (HADDAD E PRADO, 2005). Incluem-se nessa família 54 espécies, distribuídas em dois gêneros: *Ischnocnema* Reinhardt and Lütken, 1862 (34 espécies) e *Brachycephalus* Fitzinger, 1826 (20 espécies).

Até 1998 apenas três espécies de *Brachycephalus* estavam descritas: *Brachycephalus nodoterga* Miranda-Ribeiro, 1920; *Brachycephalus didactylus* (IZECKSOHN, 1971); *Brachycephalus ephippium* (SPIX, 1824). A partir de então, mais 17 espécies foram descritas ou validadas, aumentando a diversidade conhecida para o gênero, que passou a contar também com as seguintes espécies: *Brachycephalus*

hermogenesi (GIARETTA E SAWAYA, 1998); *Brachycephalus pernix* Pombal, Wistuba e Bornschein, 1998; *Brachycephalus vertebralis* Pombal, 2001; *Brachycephalus alipioi* Pombal e Gasparini, 2006; *Brachycephalus brunneus* Ribeiro, Alves, Haddad e Reis, 2005; *Brachycephalus ferruginus* Alves, Ribeiro, Haddad e Reis, 2006; *Brachycephalus izecksohni* Ribeiro, Alves, Haddad e Reis, 2005; *Brachycephalus pombali* Alves, Ribeiro, Haddad e Reis, 2006; *Brachycephalus pitanga* Alves, Sawaya, Reis e Haddad, 2009; *Brachycephalus garbeanus* Miranda-Ribeiro, 1920; *Brachycephalus bufonoides* Miranda-Ribeiro, 1920; *Brachycephalus atelopoides* Miranda-Ribeiro, 1920; *Brachycephalus toby* Haddad, Alves, Clemente-Carvalho e Reis, 2010; *Brachycephalus pulex* Napoli, Caramaschi, Cruz e Dias, 2011; *Brachycephalus margaritatus* Pombal e Izecksohn, 2011; *Brachycephalus tridactylus*, Garey, Lima, Hartmann e Haddad, 2012; *Brachycephalus guarani*, Clemente-Carvalho, Giaretta, Condez, Haddad e Reis, 2012.

As espécies de *Brachycephalus* são conhecidas para áreas de Mata Atlântica nos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, ocorrendo em isolamento a elevações de 600-1800 m (POMBAL et al., 1998; POMBAL, 2001; RIBEIRO et al., 2005; ALVES et al., 2006, 2009; HADDAD et al., 2010; GAREY et al., 2012). As únicas exceções são as espécies antigamente alocadas no gênero *Psyllophryne*: *Brachycephalus didactylus*, que ocorre ao nível do mar (Izecksohn, 1971) e *Brachycephalus hermogenesi*, que é encontrado desde o nível do mar até 900 m de altitude (GIARETTA E SAWAYA, 1998; PIMENTA et al., 2007).

A característica mais marcante do gênero é a miniaturização (GIARETTA E SAWAYA, 1998; POMBAL et al., 1998; POMBAL, 2001; RIBEIRO et al., 2005; ALVES et al., 2006; POMBAL E GASPARINI, 2006; ALVES et al., 2009) e as consequentes perdas das falanges das mãos e pés, redução do número de dedos funcionais e perda de ossos dos crânios (YEH, 2002; CLEMENTE-CARVALHO et al., 2009).

Além de estudos de morfologia, especialmente no que se refere à osteologia (CLEMENTE-CARVALHO, 2009; CAMPOS, 2010), o gênero *Brachycephalus* é muito pouco estudado. Acerca da história natural, os registros disponíveis limitam-se, na maioria das vezes, a curtas notas nos trabalhos de descrição das espécies (exceção são os trabalhos de POMBAL, 1992 e WISTUBA, 1998). Sabe-se que os animais apresentam, em sua maioria, turno de atividade diurno, vivem na serapilheira e são ativos principalmente quando a umidade do ar é alta. Os machos cantam expostos ou

sob a serapilheira e são encontrados andando sob e sobre a camada de folhas em dias propícios. Embora várias espécies tenham uma pequena distribuição geográfica, localmente os animais tendem a ser abundantes (GIARETTA E SAWAYA, 1998; POMBAL *et al.*, 1998; POMBAL, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2006; POMBAL E GASPARINI, 2006; ALVES *et al.*, 2009; GAREY *et al.*, 2012).

Brachycephalus ephippium é a espécie para a qual existem os estudos mais detalhados e tem sido tomada como referência em trabalhos com outras espécies do gênero. Informações acerca de biologia reprodutiva, desenvolvimento, vocalizações e sinalização visual foram publicadas para *B. ephippium* (POMBAL *et al.*, 1994; POMBAL, 1999) e outros dados sobre história natural podem ser encontrados em Pombal (1992). São conhecidas também uma série de toxinas presentes na pele dos indivíduos, as quais têm possível relação com a coloração dos animais em vida, geralmente bastante aposemática (PIRES *et al.*, 2002; PIRES *et al.*, 2003).

Wistuba (1998) apresenta dados de comunicação vocal e visual, combates físicos e dieta de *Brachycephalus pernix*. Informações sobre dieta existem para *Brachycephalus brunneus* (FONTOURA *et al.*, 2011), *Brachycephalus didactylus* (ALMEIDA-SANTOS *et al.*, 2011) e *Brachycephalus garbeanus* (DORIGO *et al.*, 2012).

Brachycephalus pitanga (Figura 1), assim como a maioria das espécies do gênero, foi recentemente descrito e informações sobre a espécie limitam-se ao trabalho de descrição original (ALVES *et al.*, 2009) e à descrição dos canto de anúncio e territorial (ARAÚJO *et al.*, 2012).



Figura 1 – Indivíduo adulto de *Brachycephalus pitanga*. Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Luís do Paraitinga, SP (Foto: Carlos Gussoni).

ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no Núcleo Santa Virginia (NSV), que pertence ao Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) e apresenta uma área de 17.000 ha abrangendo os seguintes municípios do Estado de São Paulo: Natividade da Serra, Cunha, Ubatuba e São Luís do Paraitinga, sendo este último o que possui a maior área do Núcleo (7.557,00 ha). O NSV está situado na região de escarpas e reversos da Serra do Mar, no Planalto Paraitinga-Paraibuna, com altitudes variando de 870 m a 1100 m. Conforme classificação climática de Koeppen, o clima regional é tropical temperado sem estação seca definida. A precipitação acumulada anual média é de cerca de 2.200 mm e a temperatura média anual é de 21°C.

A vegetação do local apresenta-se na forma de mosaico, composta por áreas de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana, pastagens, plantios de *Eucalyptus* spp. e florestas secundárias em diferentes fases de regeneração.

Os trabalhos foram concentrados no início da trilha Pirapitinga, onde *B. pitanga* é abundante (obs. pess.) e os locais em que se encontram são facilmente acessíveis. Mais esporadicamente foram visitadas também as trilhas Ipiranga e Pau de Bala (Figura 2).

Foram realizadas excursões ao campo de janeiro de 2011 a março de 2012, sendo mensais na estação chuvosa (de setembro a março) e bimensais na estação seca (de abril a agosto), com duração de três a sete dias, totalizando 54 dias de trabalhos de campo.

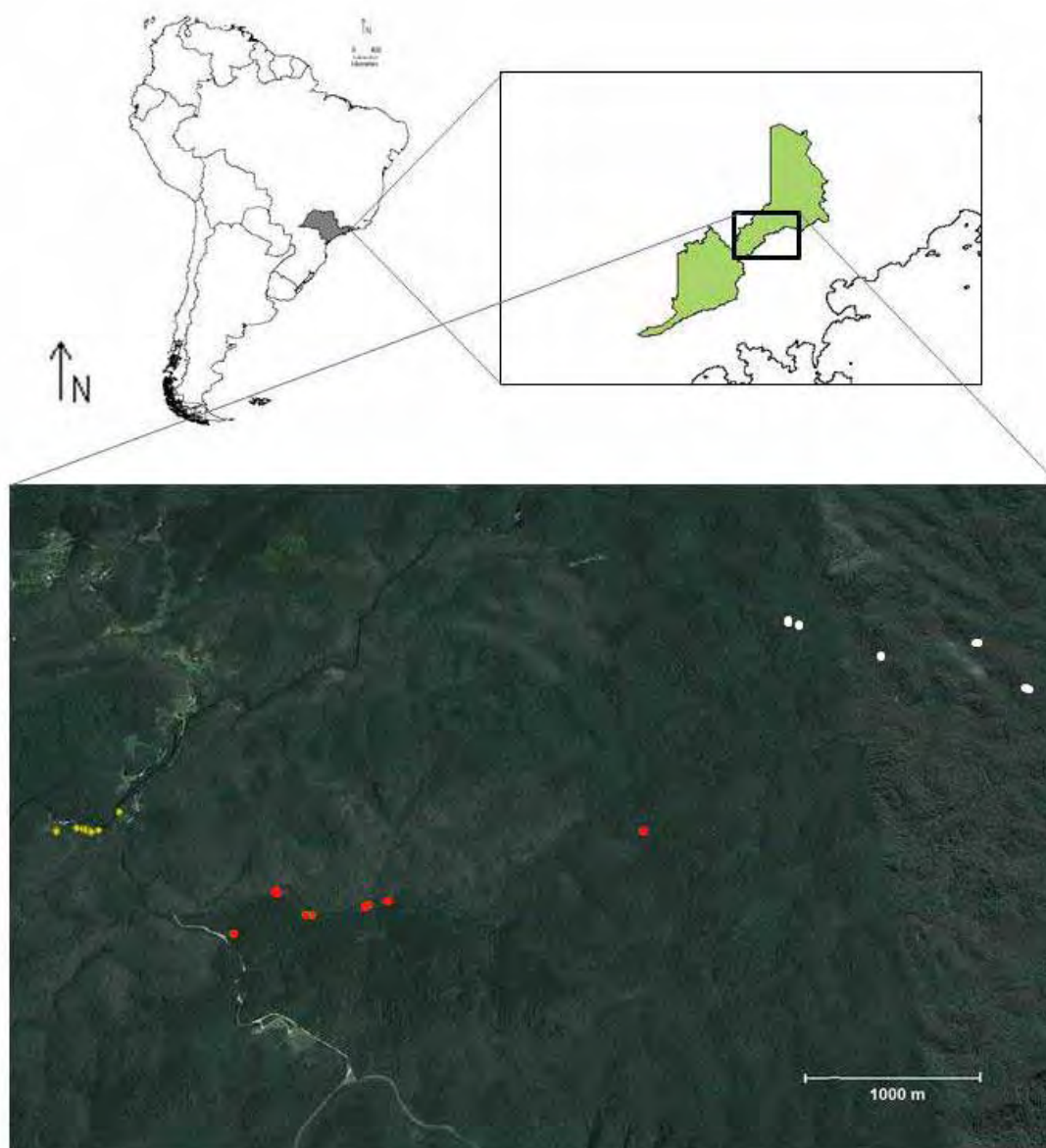


Figura 2 – Mapa indicando os pontos amostrados no Núcleo Santa Virgínia. Os pontos amarelos encontram-se na Trilha da Pirapitinga; os pontos vermelhos na Trilha do Ipiranga; os pontos brancos na Trilha Pau-de-Bala. Parque Estadual da Serra do Mar, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

OBJETIVOS E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O objetivo geral deste trabalho foi obter informações sobre a história natural de *Brachycephalus pitanga* visando preencher uma lacuna de conhecimento que existe sobre a biologia da espécie e do gênero como um todo. Para tanto a dissertação foi dividida em três capítulos. O primeiro trata das interações sociais observadas na espécie, descrevendo as vocalizações, sinais visuais e combates físicos observados. O segundo capítulo diz respeito aos hábitos alimentares de *B. pitanga*, apresentando a descrição da dieta, comparando-a nas estações seca e chuvosa e com os itens disponíveis no ambiente. O terceiro capítulo contém informações gerais sobre outros aspectos da biologia da espécie, a saber, caracterização da espécie, dimorfismo sexual, comportamento de corte, fecundidade de fêmeas e predação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. C. R., L. F. RIBEIRO, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2006. Two new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic forest in Paraná State, southern Brazil. **Herpetologica**, v. 62, p. 221–233.
- ALVES, A. C. R., R. J. SAWAYA, S. F. REIS, C. F. B. HADDAD. 2009. New Species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Rain Forest in São Paulo State. **Journal of Herpetology**, v. 43, p. 212–219.
- ARAÚJO, O. G. S., L. F. TOLEDO, P. C. A. GARCIA, C. F. B. HADDAD, 2009. The amphibians of São Paulo State, Brazil amphibians of São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 4, p. 197-209.
- ARAÚJO, C. B., T. J. GUERRA, M. C. O. AMATUZZI, L. A. CAMPOS. 2012. Advertisement and territorial calls of *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae). **Zootaxa**, v. 3302, p. 66–67.
- CAMPOS, L. A., H. R. SILVA, A. SEBEN. 2010. Morphology and development of additional bony elements in the genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 99, p. 752–767.
- CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G., M. M. ANTONIAZZI, C. JARED, C. F. B. HADDAD, A. C. R. ALVES, H. S. ROCHA, G. R. PEREIRA, D. F. OLIVEIRA, R. T. LOPES, S. F. REIS, 2009. Hyperossification in miniaturized toadlets of the genus *Brachycephalus* (Amphibia: Anura: Brachycephalidae): Microscopic structure and macroscopic patterns of variation. **Journal of Morphology**, v. 270, p. 1285–1295.
- CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G., A. A. GIARETTA, T. H. CONDEZ, C. F. B. HADDAD, S. F. DOS REIS. 2012. A new species of miniaturized toadlet, genus

Brachycephalus (Anura: Brachycephalidae), from the Atlantic Forest of Southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 68, n. 3, p. 365-374.

DORIGO, T. A., C. C. SIQUEIRA, D. VRCIBRADIC, T. MAIA-CARNEIRO, M. ALMEIDA-SANTOS, C. F. D. ROCHA. 2012. Ecological aspects of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus garbeanus* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Neobatrachia: Brachycephalidae), in a highland forest of southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 46, n. 39–40, p. 2497–2507.

GAREY, M.V., A. M. X. LIMA, M. T. HARTMANN, C. F. B. HADDAD. 2012. A new species of miniaturized toadlet, genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from southern Brazil. **Herpetologica**, v. 68, p. 266-271.

GIARETTA, A. A., R. J. SAWAYA. 1998. Second species of *Psyllophryne* (Anura: Brachycephalidae). **Copeia**, v. 1998, n. 4, p. 985-987.

GIASSOM, L. O. M. 2008. Atividade sazonal e uso do ambiente por anfíbios da Mata Atlântica no alto da Serra do Mar. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

GREENE, H. W. 1994. Systematics and natural history, foundations for understanding and conserving biodiversity. **American Zoologist**, v. 34, n. 1, p. 48-56.

GREENE, H. W. E LOSOS, J. B., 1998. Systematics, natural history, and conservation: field biologists must fight a public-image problem. **Conservation Biology**. **BioScience**, v. 38, n. 7, p. 458-462

HADDAD, C. F. B., C. P. A. PRADO. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **BioScience**, v. 55, n. 3, p. 207-217.

HADDAD, C. F. B., A. C. R. ALVES, R. B.G. CLEMENTE-CARVALHO, AND S. F. REIS. 2010. A new species of *Brachycephalus* from the Atlantic rain forest in São Paulo state, southeastern Brazil (Amphibia: Anura: Brachycephalidae). **Copeia**, v. 2010, p. 410–420.

MORELLATO, L. P. C., C. F. B. HADDAD. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. Special Issue: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786-792.

MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. FONSECA, J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858.

NAPOLI, M. F., U. CARAMASCHI, C. A. G. CRUZ, I. R. DIAS. 2011. A new species of flea-toad, genus *Brachycephalus* Fitzinger (Amphibia: Anura:

Brachycephalidae), from the Atlantic rainforest of southern Bahia, Brazil. **Zootaxa**, v. 2739, p. 33–40.

PIMENTA, B. V. S., R. S. BERNILS, J. P. POMBAL JR. 2007. Amphibia, Anura, Brachycephalidae, *Brachycephalus hermogenesi*: filling gap and geographic distribution map. **Checklist**, v. 3, p. 277–279.

PIRES, O. R. JR., A. SEBEN, E. F. SCHWARTZ, S. W. R. LARGURA, C. BLOCH, C. A. SCHWARTZ. 2002. Occurrence of tetrodotoxin (TTX) and its analogues in the Brazilian frog *Brachycephalus ephippium* (Anura: Brachycephalidae). **Toxicon**, v. 40, p. 761–766.

PIRES, O.R. JR., A. SEBEN, E. F.SCHWARTZ, S. W. R. LARGURA, C. BLOCH, R. A. V. MORALES, C. A. SCHWARTZ. 2003. The occurrence of 11-oxotetrodotoxin, a rare tetrodotoxin analogue, in the brachycephalidae frog *Brachycephalus ephippium*. **Toxicon**, v. 42, p. 563–566.

POMBAL, J. P, JR., I. SAZIMA, C. F. B. HADDAD. 1994. Breeding behavior of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus ephippium* (Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 28, n. 4, p. 516-519.

POMBAL, J. P., JR., 1992. História natural de *Brachycephalus ephippium* (Anura, Brachycephalidae), na região de Campinas, estado de São Paulo. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Zoologia).

POMBAL, J. P., JR., 1999. Oviposição e desenvolvimento de *Brachycephalus ephippium* (Spix) (Anura, Brachycephalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 4, p. 967 – 976.

POMBAL, J. P., JR., 2001. A new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from Atlantic Rain Forest of southeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 22, p. 179-185.

POMBAL, J. P., JR., 2010. A posição taxonômica das “variedades”de *Brachycephalus ephippium* (Spix, 1824) descritas por Miranda-Ribeiro, 1920 (Amphibia, Anura, Brachycephalidae). **Boletim do Museu Nacional Zoologia**, v. 526, p. 1-12.

POMBAL, J. P., JR., J. L. GASPARINI. 2006. A new *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Rainforest of Espírito Santo, southeastern Brazil. **South American Journal Herpetology**, v. 1, p. 87–93

POMBAL, J. P., JR., E. M. WISTUBA, M. R. BORNSCHEIN. 1998. A new species of Brachycephalid (Anura) from the Atlantic Rain Forest of Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 32, n. 1, p. 70-74.

RIBEIRO, L. F., A. C. R. ALVES, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2005. Two new species of *Brachycephalus* from Parana State, southern Brazil (Anura, Brachycephalidae). **Boletim Museu Nacional Zoologia**, v. 519, p. 1–18.

SBH. 2010. **Brazilian amphibians – List of species**. Sociedade Brasileira de Herpetologia (SBH). Disponível em: <http://www.sbherpetologia.org.br/checklist/anfibios.htm>, acessado em 23 de julho de 2010.

STEBBINS, R. C., N. W. COHEN. 1997. **A natural history of amphibians**. New Jersey: Princeton University Press.

WELLS, K. D., 2007. **The ecology & behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Ltd., London.

WISTUBA, E. M. 1998. História natural de *Brachycephalus pernix* Pombal Jr., Wistuba; Bornschein, 1998 (Anura) no Morro Anhangava, município de Quatro Barras, Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

YEH, J., 2002. The effect of miniaturized body size on skeletal morphology in frogs. **Evolution**, v. 56, n. 3, p. 628-641.

Capítulo 1

Repertório acústico e interações sociais em *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae)

RESUMO

Neste capítulo são apresentados dados relativos ao comportamento social de *Brachycephalus pitanga*, envolvendo comunicação através de sinais acústicos e visuais e territorialidade dos machos. Diferenciamos e descrevemos cinco tipos de cantos: de anúncio, territorial, de antifonia, de encontro e de aquecimento, incluindo o contexto em que foram emitidos e seus parâmetros temporais e espectrais. Durante as disputas territoriais observamos uma gradação de agressividade que começava com a emissão de canto territorial, passava por canto de encontro, sinalizações visuais e podia chegar a combates físicos.

Palavras-chave: comportamento social; vocalizações; comunicação visual; combates físicos

ABSTRACT

In this chapter we present data on social behavior of *Brachycephalus pitanga*, involving acoustic and visual communication and male territoriality. We describe five different calls: advertisement, territorial, antiphony, encounter, and warm up, including contexts in which they were emitted and temporal and spectral parameters. During territorial disputes it was observed a graded aggressiveness, beginning with the emission of territorial calls, escalating through encounter call, visual signals, and culminating in physical contests.

Keywords: social behavior; vocalizations; visual communication; physical combats

1. INTRODUÇÃO

Em anfíbios anuros adultos as interações sociais envolvem geralmente disputas por fêmeas e territórios (reprodutivos ou de alimentação) e podem incluir sinais acústicos e visuais (WELLS, 2007). Essas sinalizações não acontecem de forma constante, mas em períodos e microhabitats particulares (ENDLER, 1992) – no caso de anuros são especialmente ligadas ao período reprodutivo (SULLIVAN et al., 1995).

A importância da comunicação vocal para a reprodução em anuros e a relativa facilidade de acessar os locais onde eles se reproduzem têm encorajado a investigação de vários aspectos do sistema de sinalização destes animais. Esses estudos vão desde uma descrição do comportamento de vocalização do macho e da estrutura do canto, até investigações neurológicas detalhadas e experimentos comportamentais (ZUG, 1993).

Cada espécie de anuro tem diferentes vocalizações e os indivíduos produzem uma variedade de cantos, dependendo do contexto social, sendo o mais comum o canto de anúncio (ZUG, 1993). Este possui diversas funções, tais como sinalizar a identidade da espécie, receptividade sexual, posição, tamanho e, em alguns casos, a identidade do macho no coro; Também pode mostrar a localização de determinado macho para os seus vizinhos, auxiliando na manutenção de um espaçamento entre os indivíduos (WELLS, 2007). Em espécies nas quais machos cantam durante boa parte do ano e as fêmeas encontram-se no mesmo habitat, o canto de anúncio pode até mesmo estimular a produção hormonal em fêmeas e manter sua condição reprodutiva (WELLS E SCHWARTZ, 2006). Já o canto territorial é produzido por um macho que está defendendo um território quando um segundo macho vocaliza próximo ou dentro do seu território e o canto de encontro é emitido por um macho em resposta ao encontro com outro macho (ZUG, 1993).

Menos conspícua e relativamente difícil de ser estudada em anuros é a comunicação visual. Esta é, sem dúvida, mais comum do que já registrado, uma vez que os sinais em alguns casos são sutis e não reconhecidos por observadores humanos (ZUG, 1993). Embora esse tipo de sinalização também ocorra em anuros de hábitos noturnos (*e.g.* GIASSON E HADDAD, 2006; TOLEDO et al., 2007), é bem mais frequente em espécies de hábitos diurnos e pode estar associado à reprodução, territorialidade e interações agonísticas (HÖDL E AMÉZQUITA, 2001).

Interações acústicas e visuais são largamente utilizadas na manutenção de territórios por parte dos machos, comportamento amplamente difundido em anfíbios anuros. Neste trabalho consideramos como território os sítios de canto defendidos pelos machos por períodos menores que um dia (MATHIS et al., 1995). A defesa de territórios pode ser determinada, em certos casos, por variações sazonais, sendo mais frequente na época reprodutiva e enquanto alguns anuros utilizam-se apenas de vocalização e sinais visuais, outros podem chegar às agressões físicas (CRUMP, 1988).

Poucos estudos sobre comunicação acústica e visual foram realizados para o gênero *Brachycephalus*: descrições de vocalizações estão disponíveis para *B. ephippium* (POMBAL et al., 1994), *B. pernix* (WISTUBA, 1998), *B. hermogenesi* (VERDADE et al., 2008), *B. tridactylus* (GAREY et al., 2012) e *B. pitanga* (ARAÚJO et al., 2012), enquanto sinalizações visuais e interações agonísticas foram encontradas em *B. ephippium* (POMBAL et al., 1994) e *B. pernix* (WISTUBA, 1998).

Nesse contexto, tivemos como objetivos obter informações sobre as interações sociais de *Brachycephalus pitanga*, mais precisamente descrever as diferentes vocalizações, sinalizações visuais e combates físicos entre machos, associados à territorialidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção e análise das vocalizações

As gravações dos machos de *B. pitanga* foram feitas nas campanhas de março, setembro, outubro e novembro de 2011, das 8h00 às 18h00, utilizando-se um gravador Marantz Digital PMD 660 e microfone direcional Sennheiser ME 64, com frequência de amostragem 44,1 kHz. A distância do microfone ao indivíduo variou de aproximadamente 30 a 100 cm e os indivíduos gravados encontravam-se usualmente sob a serapilheira.

A análise das vocalizações foi feita nos softwares PRAAT versão 5.0.05 e Raven Pro 1.3, com FFT= 250. Definiu-se como canto um sinal acústico que pode ser uma única nota ou uma serie delas. Nota foi definida como uma unidade individual de energia, constituída por um único pulso ou uma sequência deles (trinado) (*sensu* CARDOSO E HADDAD, 1984).

Foram analisados os seguintes parâmetros: duração do canto, número de notas por canto, número de pulsos por nota, duração da nota, duração do intervalo entre as notas, duração do intervalo entre os cantos, frequência dominante das notas e taxa de emissão de notas por segundo.

2.2. Observações de comportamento

As observações de comportamento territorial foram feitas seguindo-se as metodologias de animal focal e todas as ocorrências (LEHNER, 1987). As interações foram registradas por meio de fotografias e filmagens, utilizando-se uma câmera Fujifilm Finepix S1800. Posteriormente, as gravações foram analisadas e os comportamentos foram esquematizados a partir das imagens, para melhor visualização e entendimento.

Os indivíduos de *B. pitanga* não puderam ser individualizados através de amputação de artelhos devido à redução do número de artelhos que é característica do gênero *Brachycephalus*. Assim, o padrão de coloração dorsal foi utilizado como uma

forma de identificação durante as observações naturalísticas. Medimos a distância entre dois ou mais machos vocalizantes, para estimar o tamanho do território dos indivíduos. Medidas de temperatura e umidade foram tomadas ao longo de todo o período de observações com um termohigrômetro Incoterm.

3. RESULTADOS

3.1. Comportamento de vocalização

Machos de *Brachycephalus pitanga* foram vistos vocalizando expostos apenas em dias muito úmidos ou chuvosos, usualmente sobre a serapilheira, sendo que alguns indivíduos (N=4) foram observados sobre troncos e plântulas, a alturas que chegaram a um metro. Em dias com umidade relativa abaixo de 80%, os indivíduos foram apenas ouvidos e encontravam-se vocalizando sob a serapilheira.

Quando vocalizando, os machos mostravam-se com a porção anterior do corpo erguida, causada pela distensão dos membros anteriores, enquanto a porção posterior do corpo apresentava-se abaixada. As pernas apresentavam-se levemente estendidas (Figura 1) e o abdome exibia rápidos e intensos movimentos, relacionados ao bombeamento de ar para a produção do coaxo.

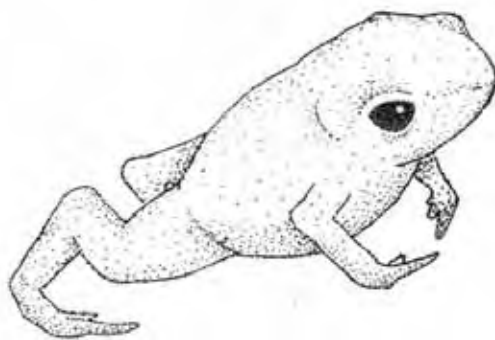


Figura 1 – Representação de macho de *Brachycephalus pitanga* em postura de canto. São Luís do Paraitinga, SP.

3.2. Estrutura do canto

Cinco tipos de cantos associados a contextos comportamentais (*sensu* DUELLMAN E TRUEB, 1986) foram identificados: canto de anúncio, canto territorial,

canto de antifonia, canto de aquecimento e canto de encontro. A estrutura de todos eles é semelhante: um conjunto de trinados que são constituídos por um número de pulsos variado, indo de três no canto de aquecimento até 14 no canto de anúncio. A amplitude de frequências foi a única variável que se manteve semelhante em todos os tipos de canto, de 3500 a 7500 Hz.

O canto de anúncio (Tabela 1; Figura 2) foi o mais frequentemente ouvido e é o canto mais prolongado entre os cinco tipos encontrados, com a menor taxa de repetição de notas. Estrutura-se na forma de um conjunto de notas, que são trinados cuja duração vai de 0,13 a 0,26 segundos com um número variável de pulsos, de 6 a 15, emitidos com intervalos de 0,19 a 0,45 segundos entre as notas. A duração do canto varia de menos de 30 segundos até aproximadamente quatro minutos, sendo mais frequentes as vocalizações de dois minutos.

O canto territorial (Tabela 1; Figura 3) também possui um tipo de nota e é emitido quando um indivíduo aproxima-se do macho vocalizante, possui uma maior taxa de repetição de notas que o canto de anúncio e é facilmente diferenciado dele em campo. O tempo de duração das notas foi de 0,08 a 0,21 segundos, com número de pulsos variando entre 5 e 11 e intervalos de emissão de nota de 0,02 a 0,33 segundos.

O canto de antifonia (Tabela 1; Figura 4) só foi analisado quando foi possível distinguir nitidamente um dos indivíduos que estava vocalizando, como observado na figura 4. O canto é constituído de uma nota, sendo que o número de pulsos (de 7 a 11), duração da nota (de 0,13 a 0,20 segundos) e duração do intervalo entre as notas (de 0,18 a 0,34 segundos) são menores que os do canto de anúncio.

O canto de aquecimento (Tabela 1; Figura 5) é emitido quando o indivíduo começa a atividade de vocalização, precedendo o canto de anúncio. Esse canto, embora bastante frequente, foi gravado apenas para um indivíduo, uma vez que não era possível prever a sua emissão. Constitui-se de uma nota, que é repetida 13 vezes e possui menos da metade do número de pulsos que os cantos de anúncio, territorial e antifonia: de três a cinco pulsos com duração de 0,045 a 0,14 segundos; o intervalo entre as notas, entretanto, é semelhante ao desses cantos, indo de 0,21 a 0,28 segundos.

Tabela 1 – Parâmetros físicos de quatro diferentes cantos de *Brachycephalus pitanga*. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão. Abaixo das denominações dos cantos encontra-se, entre parênteses, o número de notas analisadas; número de indivíduos gravados.

Tipo de canto	Nº pulsos por nota	Duração da nota (s)	Intervalo entre notas (s)	Frequência dominante (Hz)	Taxa de emissão de notas (notas/s)
Anúncio (210; 21)	10,86 \pm 1,66	0,19 \pm 0,03	0,27 \pm 0,05	4804,95 \pm 429,93	2,19 \pm 0,34
Territorial (140; 14)	8,57 \pm 1,06	0,14 \pm 0,02	0,21 \pm 0,04	4925,27 \pm 238,30	2,81 \pm 0,39
Antifonia (50; 5)	8,9 \pm 1,14	0,16 \pm 0,02	0,23 \pm 0,04	4829,25 \pm 331,58	2,54 \pm 0,38
Aquecimento (13; 1)	3,77 \pm 0,6	0,07 \pm 0,02	0,24 \pm 0,01	5053,48 \pm 105,13	3,21

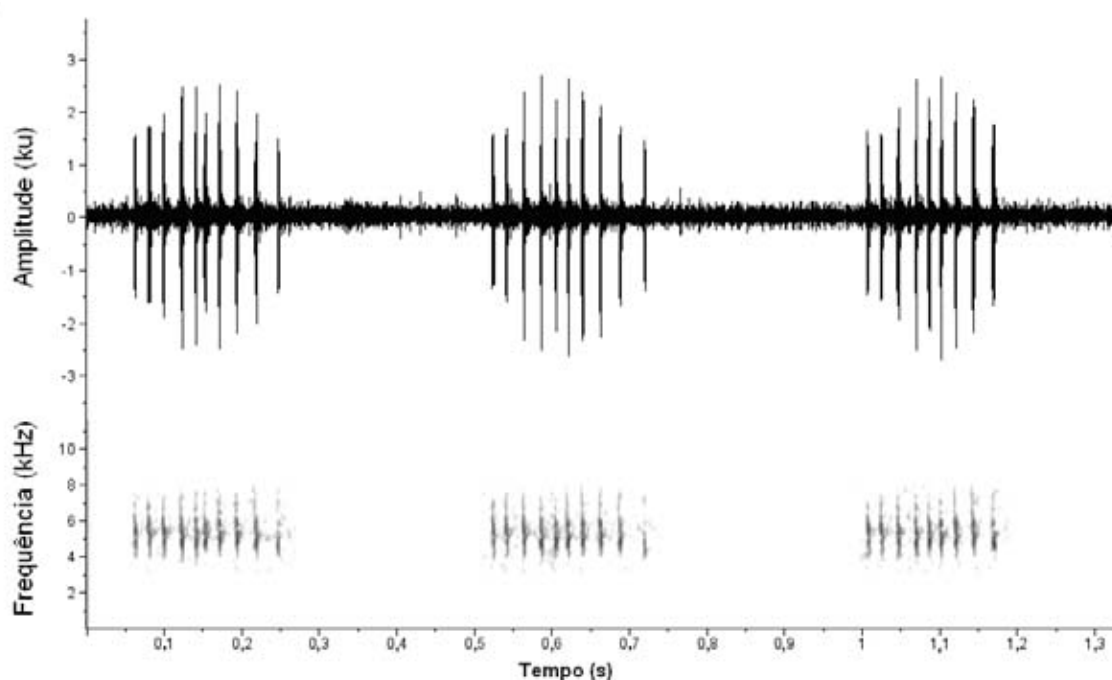


Figura 2– Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) de três notas do canto de anúncio de *Brachycephalus pitanga*. São Luís do Paraitinga, SP. Temperatura do ar: 13,7° C; umidade relativa: 92%.

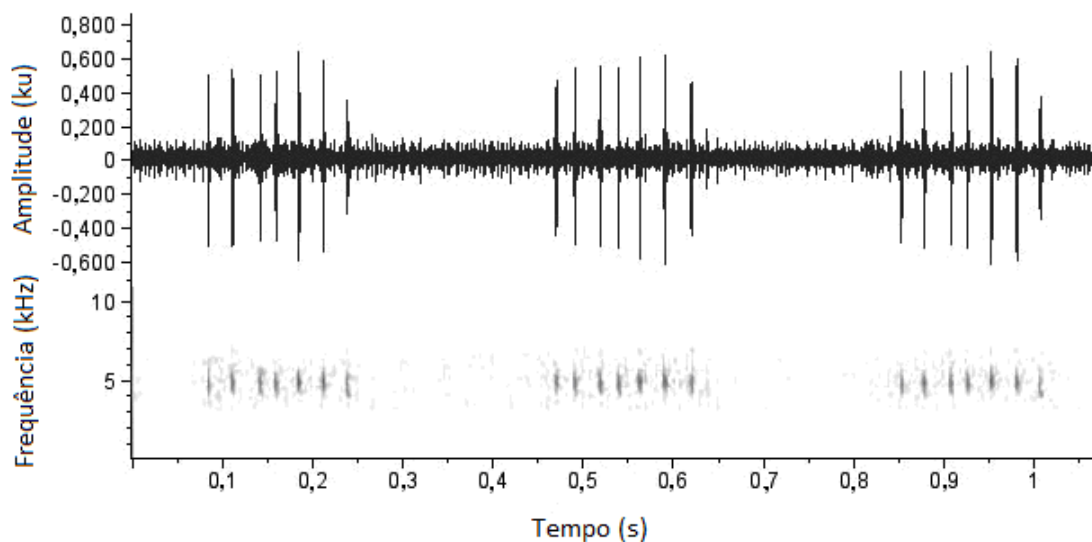


Figura 3 - Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) de três notas do canto territorial de *Brachycephalus pitanga*. São Luís do Paraitinga, SP. Temperatura do ar: 14,2° C; umidade relativa: 92%.

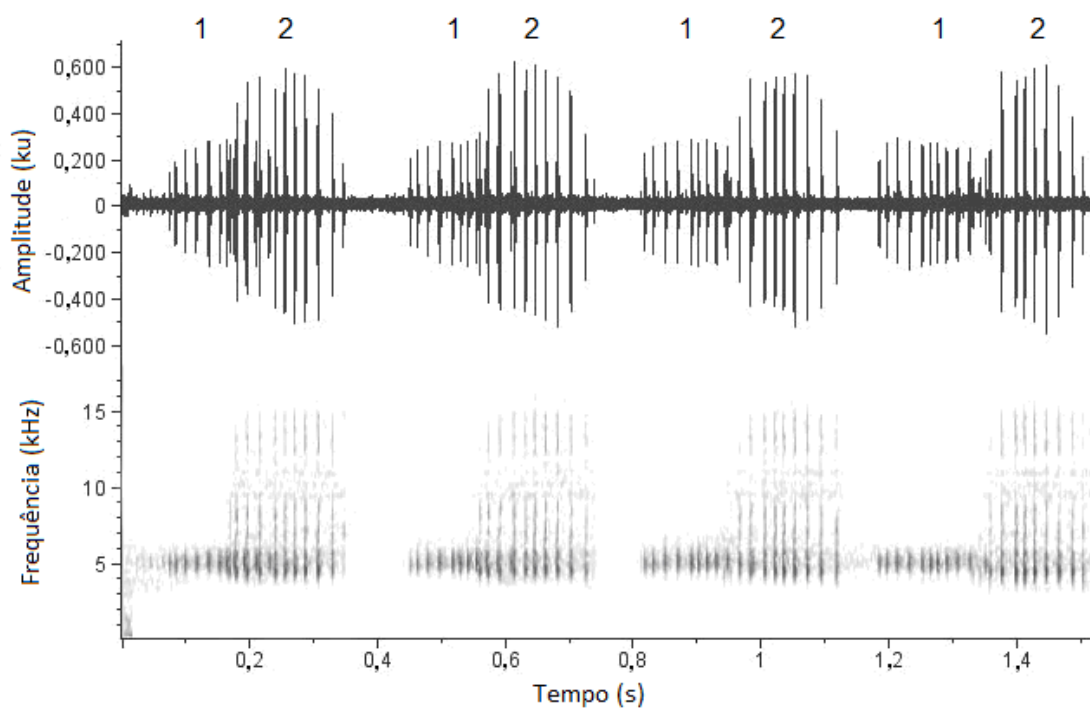


Figura 4 – Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) do canto de antítonia de *Brachycephalus pitanga*. As vocalizações dos dois machos são indicadas pelos números 1 e 2. São Luís do Paraitinga, SP. Temperatura do ar: 22,4 ° C; umidade relativa: 85 %.

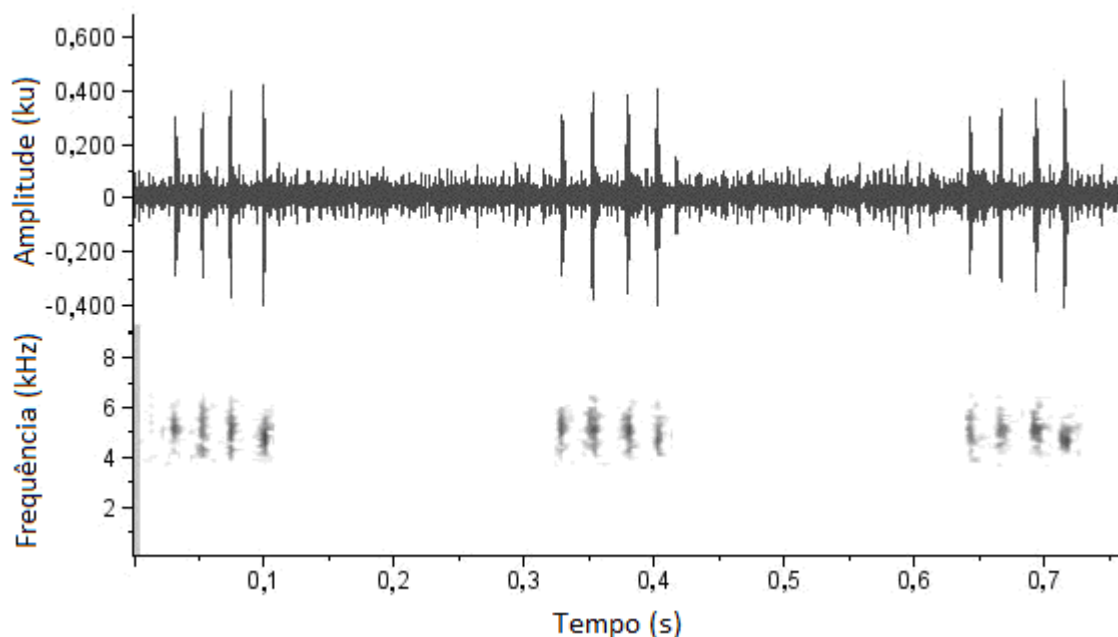


Figura 5 – Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) de três notas do canto de aquecimento de *Brachycephalus pitanga*. São Luís do Paraitinga, SP. Temperatura do ar: 22,4 ° C; umidade relativa: 84 %.

O canto de encontro (Figura 6; Tabela 2) foi observado em encontros agonísticos, direcionado a um indivíduo específico (Figura 7-A), quando os dois machos encontravam-se próximos (a menos de 30 cm), e podia preceder um embate físico. Foram analisados 10 cantos pertencentes a dois indivíduos. Diferentemente dos outros cantos, constitui-se de dois tipos de notas: uma nota introdutória mais longa, seguida por uma sequência de aproximadamente 11 notas mais curtas (denominadas notas B). A nota introdutória é constituída de cinco a oito pulsos, com duração de 0,06 a 0,17 segundos. Já as notas subsequentes podiam ter de dois a três pulsos, com duração de 0,02 a 0,07 segundos, separadas por intervalos 0,08 a 0,14 segundos.

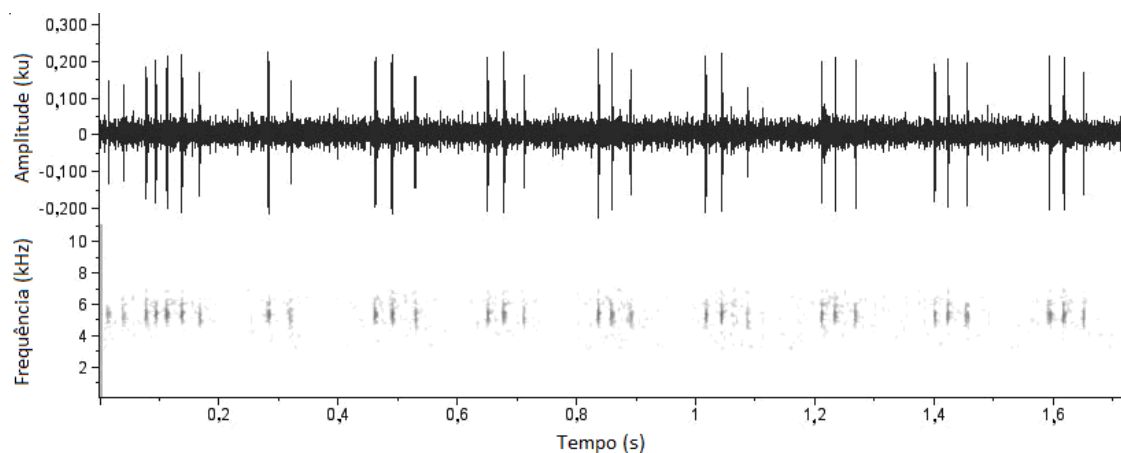


Figura 6 – Oscilograma (acima) e espectrograma (abaixo) do canto de encontro de *Brachycephalus pitanga*, mostrando nove notas, sendo a primeira mais longa. São Luís do Paraitinga, SP. Temperatura do ar: 20,5 °C; umidade relativa: 77 %.

Tabela 2 – Parâmetros físicos do canto de encontro de *Brachycephalus pitanga*. Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão.

	Nº notas por canto	Nº pulsos por nota	Duração da nota (s)	Intervalo entre notas (s)	Frequência dominante (Hz)
Nota introdutória	1	6,57 \pm 1,27	0,126 \pm 0,04		5238,22 \pm 162,66
Nota B	11,28 \pm 9,10	2,53 \pm 0,50	0,04 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	5206,46 \pm 163,01

3.3. Comportamento territorial

Não foi possível observar se os machos defendem territórios fixos por mais que um dia, uma vez que os indivíduos não puderam ser marcados. Entretanto, fêmeas eram constantemente vistas deslocando-se, enquanto machos permaneciam mais fixos, vocalizando e defendendo seus territórios de invasores. Estimou-se que o tamanho do território de um macho seja de pelo menos 50 cm de diâmetro, considerando-se a distância observada entre machos em atividade de vocalização. Quando o território de um macho era invadido, ambos os indivíduos (residente e invasor) podiam emitir canto territorial. Quando havia uma maior aproximação e os indivíduos estavam no campo visual um do outro, combates físicos poderiam acontecer.

Combates físicos só foram observados nos meses de outubro, novembro e dezembro, em dias com umidade relativa do ar próxima de 100%. Foram acompanhados cinco disputas territoriais e a duração máxima de um combate, registrado a partir do

momento em que os indivíduos foram encontrados, foi de 1h30 aproximadamente. Durante esse tempo foram registrados principalmente os comportamentos descritos abaixo.

- (1) Canto de encontro (Figura 7.A): emitido quando os dois indivíduos encontravam-se próximos e aproximando-se. O macho emitindo a vocalização podia alternar locomoção e vocalização.
- (2) Sinalizações visuais (Figura 7.D): assim como a vocalização de encontro, as sinalizações visuais ocorreram durante a aproximação dos dois oponentes. O macho sinalizava passando uma das mãos próxima ao olho, sem tocá-lo, no sentido da frente para trás.
- (3) Emitição canto de encontro sobre a cabeça do oponente (Figura 7.C): observado quando o macho que permaneceu parado durante a aproximação do outro indivíduo ficou imóvel, permitindo ao macho que se aproximava vocalizar com o saco vocal apoiado sobre sua cabeça.
- (4) “Abraço” (Figura 7.B): usualmente inguinal, podendo também ser axilar e cefálico em certos momentos. Durante o “abraço” os dois podiam emitir vocalização de encontro.
- (5) Saltos: realizados pelo macho “abraçado”, que impulsionava o corpo com as pernas traseiras, numa tentativa de se libertar do abraço.
- (6) Perseguição: observado quando houve fuga por parte de um dos machos e o outro indivíduo o perseguiu. O macho em fuga andava e podia dar pequenos saltos; o perseguidor apenas andava.

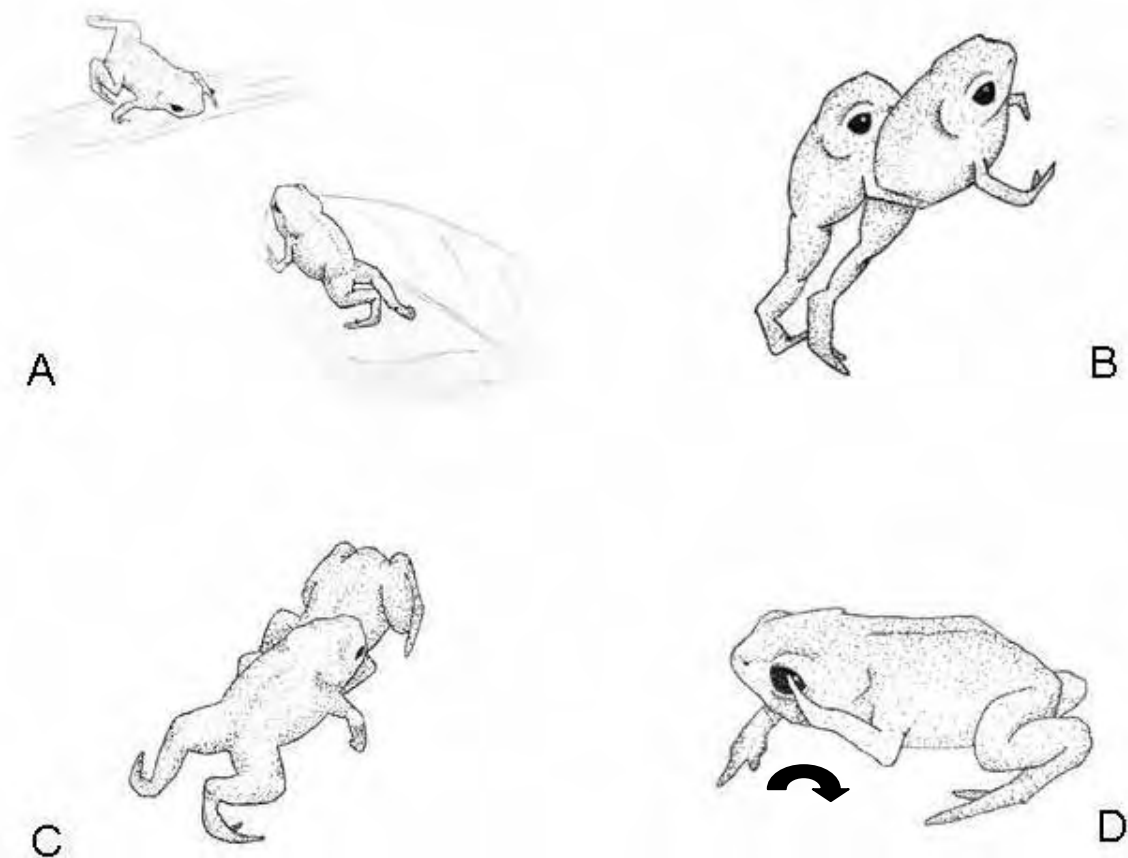


Figura 7 – Representações esquemáticas de interações entre machos de *Brachycephalus pitanga*. A - macho (à direita) emitindo vocalização de encontro direcionado a outro macho coespecífico; B - “abraço” de dois machos durante interação agonística. Note o macho abraçado em atividade de vocalização, com o corpo inflado; C - indivíduo da esquerda emitindo vocalização de encontro com o saco vocal apoiado na cabeça do outro macho; D - Sinalização visual onde uma das mãos é passada na frente do olho.

A sequência desses comportamentos encontra-se na Figura 8. Não há distinção de qual dos machos (residente ou invasor) realiza os comportamentos já que ambos podiam fazê-lo e havia durante uma mesma interação agonística diversas mudanças de posição dos machos.

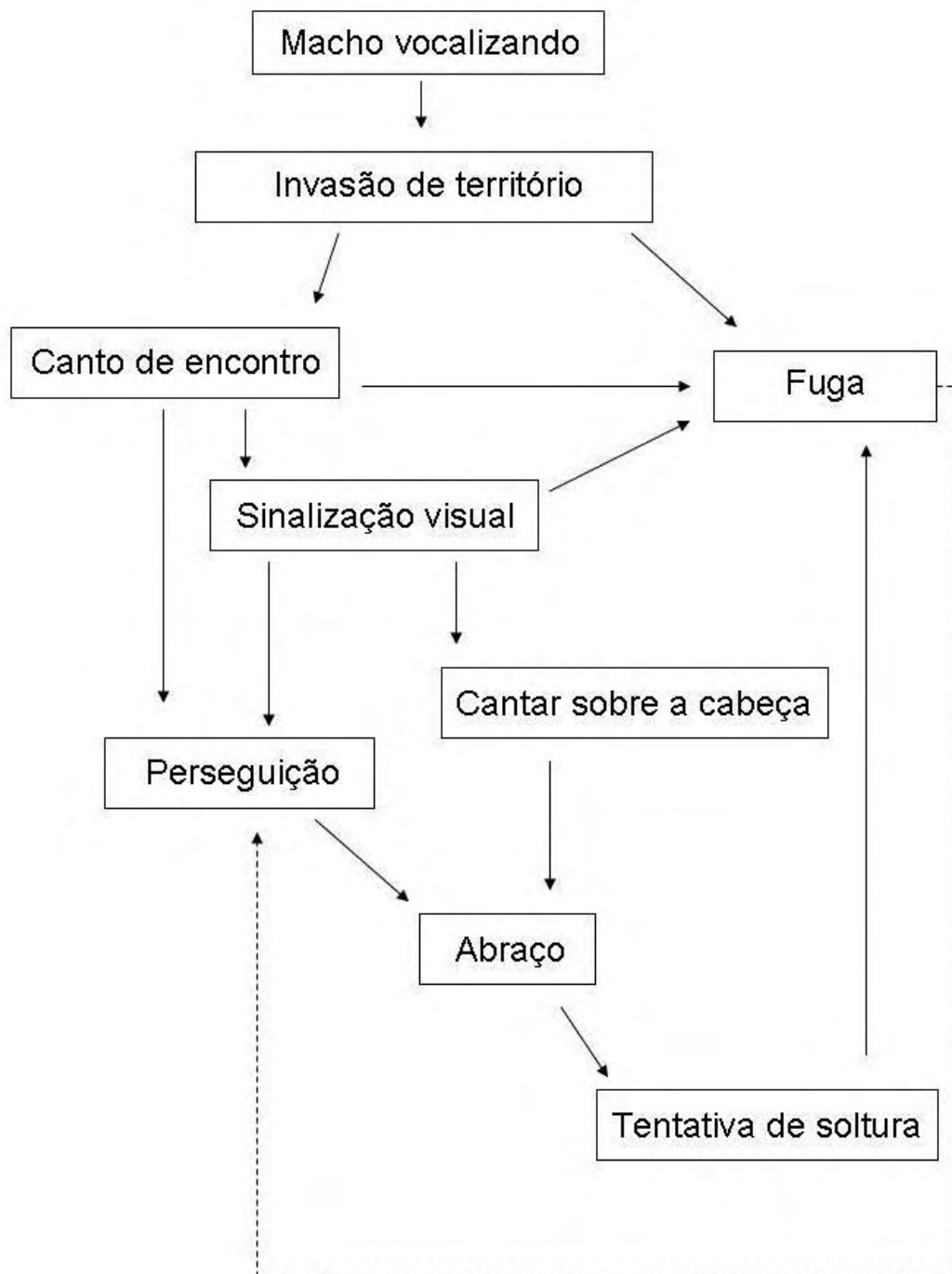


Figura 8 - Esquema de sequência de interações entre machos durante disputa territorial. A linha tracejada indica uma possível volta, sendo que a disputa podia ou não acabar com a fuga.

Quando recobertos de partículas de solo (especialmente após serem manipulados), os indivíduos de *Brachycephalus pitanga* limpam-se com movimentos de braços e pernas. O comportamento de limpeza dos olhos e cabeça é semelhante ao de sinalização visual observado durante interações agonísticas; para a remoção de detritos

aderidos às pernas, lateral do corpo e dorso eles utilizam as pernas, esfregando-as vigorosamente sobre a superfície a ser limpa.

4. DISCUSSÃO

De acordo com Araújo et al. (2012), machos de *Brachycephalus pitanga* vocalizam apenas sob a serapilheira; no entanto, os observamos vocalizando expostos em dias com alta umidade do ar, geralmente sobre o folhiço, sendo que alguns indivíduos foram observados em troncos de árvores ou em plântulas em alturas que chegaram a um metro. A postura de canto adotada foi semelhante à observada por Pombal (1992) para *Brachycephalus ephippium*. Assim como observado no presente estudo, *B. brunneus*, *B. ephippium*, *B. ferrugineus*, *B. izecksohni*, *B. pombali*, *B. tridactylus* e *B. toby* também cantam expostos; já *B. nodoterga* e *B. hermogenesi* cantam sob a serapilheira (HEYER et al., 1990; POMBAL et al., 1994; RIBEIRO et al., 2005; ALVES et al., 2006; VERDADE et al., 2009; HADDAD et al., 2010; GAREY et al., 2012).

Não parece ser uma vantagem do ponto de vista acústico que os indivíduos vocalizem escondidos sob o folhiço (WELLS E SCHWARTZ, 1982), mas os tamanhos diminutos dessas espécies somado aos seus hábitos exclusivamente terrícolas fazem da dessecação um problema ainda mais grave do que é para a maioria dos anuros (OLALLA-TÁRRAGA et al., 2009). Assim, a exposição ocorre quando as condições climáticas são bastante favoráveis. O comportamento de vocalizar escondido pode ter também uma função anti-predação, já que a atividade de vocalização de anuros pode aumentar a exposição e os riscos de predação (RYAN et al., 1992; ENDLER, 1992).

Dentro do gênero *Brachycephalus* dois tipos de vocalizações de anúncio bem distintas já foram encontradas; uma assemelha-se a um trinado baixo e outra a um estridular de inseto, mais alto e agudo. Descrições dos cantos de anúncio estão disponíveis apenas para *Brachycephalus pitanga* (ARAÚJO et al., 2012), *B. ephippium* (POMBAL et al., 1994), *B. hermogenesi* (VERDADE et al., 2008) e *B. tridactylus* (GAREY et al., 2012), sendo que os dois últimos possuem vocalização estridulante.

Em comparação com outras espécies do gênero, *B. pitanga* possui canto de anúncio com número de pulsos ligeiramente menor que o de *B. ephippium*, mas duração das notas e intervalo entre as notas maiores (POMBAL et al., 1994). Já *B. hermogenesi* (VERDADE et al., 2008) possui um canto com estrutura diferente do de *B. pitanga*,

com menor duração dos cantos e notas com maior frequência dominante. *B. tridactylus* (GAREY et al, 2012) possui um canto similar ao de *B. hermogenesi*, embora a frequência dominante das notas seja semelhante à encontrada em *B. pitanga*.

Os cantos de anúncio analisados de *Brachycephalus pitanga* mostram número de pulsos, taxa de emissão de notas, duração do canto e frequência dominante ligeiramente menores que os apresentados por Araújo et al. (2012).

As variações observadas entre os cantos de anúncio e territorial em *B. pitanga* concordam com dados de Wells e Schwartz (2006). Segundo estes autores, cantos agressivos e de anúncio geralmente possuem uma frequência dominante similar, mas diferem em estrutura temporal, o que poderia ser explicado pelo fato de que certos aspectos da produção dos cantos limitam a divergência entre eles.

O canto de encontro de *B. pitanga* é apresentado no presente trabalho como tendo uma nota introdutória mais longa seguida por uma sequência de notas mais curtas, estrutura essa distinta do que foi mostrado por Araújo et al. (2012). Optamos por interpretar o canto dessa forma uma vez que as notas não diminuam o número de pulsos gradualmente, como sugerido por Araújo et al. (2012), mas sim o faziam de maneira abrupta e seguindo um padrão. Em *B. pitanga* esse canto possui uma frequência dominante maior que a dos cantos de anúncio e territorial. A mudança na frequência pode ser interpretada como um mecanismo para direcionar o sinal a um macho em particular (WELLS, 2007).

A alternância de vocalizações, também denominada antifonia, foi observada em *B. pitanga*. Em comparação ao canto de anúncio, houve uma diminuição no número de pulsos, na duração das notas e no intervalo entre as notas, o que nos permitiu diferenciá-lo. A alternância de vocalizações é um comportamento comumente realizado por machos próximos em um coro e pode possuir várias funções, como reduzir a interferência da sinalização, facilitar o espaçamento entre machos, auxiliar na localização dos machos pelas fêmeas e na preservação das informações do canto (SCHWARTZ, 1987).

Segundo Wells (1977), existem três categorias de funções para o comportamento territorial: defesa de recursos necessários à sobrevivência do indivíduo, defesa de sítios de oviposição e defesa de áreas de corte. Assim como para *B. ephippium* (POMBAL et al., 1994) e para *B. pernix* (WISTUBA, 1998), em *B. pitanga* a territorialidade parece também estar associada à defesa de sítios de oviposição e de corte. Em algumas espécies, interações agressivas tendem a ocorrer no início do turno de atividade dos

animais, quando os machos ainda estão estabelecendo seus territórios (e.g. WELLS E BARD, 1987), relação que parece não existir para *Brachycephalus pitanga*, já que machos em disputas territoriais e combates físicos foram encontrados ao longo de todo o dia.

O comportamento territorial pode apresentar três fases: (a) sinalização de ocupação do território, (b) vigia do território e (c) expulsão de invasores, sendo que a última pode envolver combates físicos (HADDAD, 1989). Combates físicos são custosos em termos de tempo, energia e risco de injúrias, razão pela qual os animais tendem a evitá-los, utilizando-se antes de sinalizações visuais e vocalizações (PARKER, 1974; WELLS, 1978). A gradação de agressividade associada a vários tipos de canto é relatada em estudos com anuros e a mudança do tipo de canto emitido é geralmente o primeiro comportamento observado em uma disputa territorial entre machos (MARTINS E HADDAD, 1988; KADADEVARU E KANAMADI, 2001; WELLS E SCHWARTZ, 2006). Essa gradação de agressividade com objetivo de evitar encontros físicos foi vista em *B. pitanga*, que apresentou três tipos de cantos - de anúncio, territorial e de encontro – e ainda uma modificação do canto de anúncio de modo que dois machos não sobrepuassem seus cantos: o canto de antifonia.

Combinada ao canto de encontro observamos a presença de comunicação visual. Esta é encontrada principalmente em anuros de hábitos diurnos em ambientes sem obstrução visual (ENDLER, 1992) e espécies que vivem em ambientes ruidosos onde a comunicação acústica torna-se difícil (e.g. HEYER et al., 1990). Ainda que o ambiente onde *Brachycephalus pitanga* é encontrado esteja distante do ruído de corredeiras e cachoeiras, os sons do ambiente podem sobrepujar o da vocalização, assim como observado para *Brachycephalus ephippium* por Pombal et al. (1994).

Em *B. ephippium*, o surgimento do movimento da sinalização visual é associado ao movimento de limpeza (POMBAL, 1992), o que parece acontecer também para *B. pernix* (WISTUBA, 1998) e *B. pitanga* (presente estudo). Quando recobertos de partículas de solo, *B. pitanga* limpava-se, esfregando as patas traseiras uma na outra e na região lateral do corpo e limpando os olhos com as mãos, movimento este semelhante ao de sinalização visual.

Quando as disputas não eram resolvidas através de sinalizações acústicas e visuais, observamos machos em combates físicos. Combates semelhantes foram observados em *B. ephippium* (POMBAL, 1992) e *B. pernix* (WISTUBA, 1998) e consistiram basicamente em abraços semelhantes ao amplexo, perseguições e “coices”.

Os comportamentos apresentados durante as interações territoriais são semelhantes nas três espécies para as quais já foram estudados: *B. ephippium* (POMBAL, 1992), *B. pernix* (WISTUBA, 1998) e agora também *B. pitanga*. Isto leva-nos a supor que esses comportamentos podem ser uniformes no gênero *Brachycephalus*, o que poderá ser confirmado em estudos futuros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. C. R., L. F. RIBEIRO, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2006. Two new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic forest in Paraná State, southern Brazil. **Herpetologica**, v. 62, p. 221–233.

ARAÚJO, C. B., T. J. GUERRA, M. C. O. AMATUZZI, L. A. CAMPOS. 2012. Advertisement and territorial calls of *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae). **Zootaxa**, v. 3302, p. 66–67.

CARDOSO, A. J., C. F. B. HADDAD. 1984. Variabilidade acústica em diferentes populações e interações agressivas de *Hyla minuta* (Amphibia, Anura). **Ciênc. Cult.** v. 36, p. 1393-1399.

CRUMP, M. L. 1988. Aggression in harlequin frogs: Male-male competition and a possible conflict of interest between the sexes. **Animal Behavior**, v. 36, p. 1064-1077.

DUELLMAN, W. E., L. TRUEB. 1986. **Biology of Amphibians**. McGraw Hill Book Co., New York.

ENDLER, J. A. 1992. Signal, signal conditions and the direction of evolution. **American Naturalist**, v. 139, p. S125-S153.

GAREY, M. V., A. M. X. LIMA, M. T. HARTMANN, C. F. B. HADDAD. 2012. A new species of miniaturized toadlet, genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from Southern Brazil. **Herpetologica**, v. 68, n. 2, p.266-271.

GIASSON, L. O. M., C. F. B. HADDAD. 2006. Social interactions in *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) and the significance of acoustic and visual signals. **Journal of Herpetology**, v. 40, p. 171-180.

HADDAD, C. F. B. 1989. Territorialidade em anfíbios anuros. **VII Encontro Anual de Etologia**, p. 123-133.

HADDAD, C. F. B., A. C. R. ALVES, R. B. G. CLEMENTE-CARVALHO, S. F. REIS. 2010. A new species of *Brachycephalus* from the Atlantic rain forest in São Paulo state, southeastern Brazil (Amphibia: Anura: Brachycephalidae). **Copeia**, v. 2010, p. 410–420.

HEYER, W. R., A. S. RAND, C. A. G. CRUZ, O. L. PEIXOTO, C. E. NELSON. 1990. Frogs of Boracéia. **Arquivos de Zoologia**, São Paulo, v. 31, p. 231–410.

HÖDL, W., A. AMÉZQUITA. 2001. Visual signaling in anuran amphibians, pp. 121-141 in M. J. Ryan (ed.), **Anuran Communication**. Washington. Smithsonian Institution Press.

KADADEVARU, G. G., R. D. KANAMADI. 2001. Vocal interactions, territoriality and fighting behaviour of the rhacophorid frog, *Philautus variabilis* (Gunther, 1858). **Current Science**, v. 80, n. 12, p. 1486-88.

LEHNER, P. N., 1987. Design and execution of animal behavior research: An overview. **Jornal of Animal Science**, v. 65, p. 1213-1219.

MARTINS, M., C. F. B. HADDAD. 1988. Vocalizations and reproductive behaviour in the smith frog, *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 9, p. 49-60.

MATHIS, A., R. G. JEAGER, W. H. KEEN, P. K. DUCEY, S. C. WALLS, B. W. BUCHANAN. 1995. Aggression and territoriality by salamanders and a comparison with the territorial behavior of frogs. In H. Heatwole and B. K. Sullivan (eds.), **Amphibian Biology**, Vol. 2. Social Behaviour, pp. 633-676. Surrey Beatty and Sons, New South Wales, Australia.

OLALLA-TÁRRAGA, M. Á, J. A. F. DINIZ-FILHO, R. P. BASTOS, M. A. RODRIGUEZ. 2009. Geographic body size gradients in tropical regions: water deficit and anuran body size in the Brazilian Cerrado. **Ecography**, v. 32, p. 581 – 590.

PARKER, G. A. 1974. Assessment strategy and the evolution of fighting behavior. **Journal of Theoretical Biology**, v. 47, p. 223-243.

POMBAL JR., J. P., 1992. História natural de *Brachycephalus ephippium* (Anura, Brachycephalidae), na região de Campinas, estado de São Paulo. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Zoologia).

POMBAL JR., J. P., I. SAZIMA, C. F. B. HADDAD. 1994. Breeding behavior of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus ephippium* (Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 28, n. 4, p. 516-519.

RIBEIRO, L. F., A. C. R. ALVES, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2005. Two new species of *Brachycephalus* Günther, 1858 from the State of Paraná, Southern Brazil (Amphibia, Anura, Brachycephalidae). **Boletim do Museu Nacional, Zoologia**, Rio de Janeiro, v. 5198, p. 1–18.

RYAN, M. J., M. D. TUTTLE, A. S. RAND. 1982. Bat predation and sexual advertisement in a Neotropical anuran. **American Naturalist**, v. 119, p. 136–139.

SCHWARTZ, J. J. 1987. The function of call alternation in anuran amphibians: A test of three hypotheses. **Evolution**, v. 41, n. 3, p. 461-471.

SULLIVAN, B. K., M. J. RYAN, P. A. VERRELL. 1995. Female choice and mating system structure. In: Heatwole, H., B. K. Sullivan (eds), **Amphibian Biology**, vol 2. Social behaviour. Surrey Beatty, Chipping Norton, Australia, pp 469–517.

TOLEDO, L. F., O. G. S. ARAÚJO, L. D. GUIMARÃES, R. LIGNAU, C. F. B. HADDAD. 2007. Visual and acoustic signals in three species of Brazilian nocturnal treefrogs (Anura, Hylidae). **Phyllomedusa**, v. 6, n. 1, v. 61-68.

VERDADE, V. K., M. T. RODRIGUES, J. CASSIMIRO, D. PAVAN, M. LIOU, M. C. LANGE. 2008. Advertisement call, vocal activity, and geographic distribution of *Brachycephalus hermogenesi* (Giaretta and Sawaya, 1998) (Anura, Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 42, n. 3, p. 542–549.

WELLS, K. D. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p. 666-693.

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

WELLS, K. D. 2007. **The ecology & behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Ltd., London.

WELLS K. D., K. M. BARD. 1987. Vocal communication in a Neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*: Responses of females to advertisement and aggressive calls. **Behaviour**, v. 101, p. 200–210.

WELLS, K. D., J. J. SCHWARTZ. 1982. The effect of vegetation on the propagation of calls in the Neotropical frog *Centrolenella fleischmanni*. **Herpetologica**, v. 38, p. 449–455.

WELLS, K., J. SCHWARTZ. 2006. The behavioral ecology of anuran communication. In: Narins, P., A. Feng, R. Fay, A. Popper (eds.). **Hearing and sound communication in Amphibians**. Springer New York.

WISTUBA, E. M. 1998. História natural de *Brachycephalus pernix* Pombal Jr., Wistuba; Bornschein, 1998 (Anura) no Morro Anhangava, município de Quatro Barras, Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

ZUG, G.R. 1993. **Herpetology**, Academic Press, San Diego.

Capítulo 2

Variação sazonal e preferência alimentar de *Brachycephalus pitanga* (Anura: Brachycephalidae)

RESUMO

Nesse capítulo são apresentados dados sobre a dieta de *Brachycephalus pitanga* na estação seca e estação chuvosa. Através de análise do conteúdo estomacal de 30 indivíduos, 20 coletados na estação chuvosa e 10 na estação seca, foram identificados 259 itens, entre aranhas, ácaros, colêmbolos, formigas, larvas, hemípteros, dípteros e coleópteros. Na serapilheira foram identificados 1056 itens - 676 na estação chuvosa e 380 na estação seca - divididos em 11 categorias, sendo os mais frequentes ácaros, colêmbolos e formigas. Os indivíduos da estação seca consumiram um maior número de presas, mas com menores volumes e menor diversidade. Já na estação chuvosa, os indivíduos consumiram menor número de presas, mas com maior volume e maior diversidade de itens. As fêmeas consumiram um maior número de itens e de maior diversidade em relação aos machos na estação chuvosa. O consumo de presas apresenta maior similaridade com os itens disponíveis no ambiente na estação seca, sendo que nessa estação as duas categorias de itens que foram consumidas em proporções maiores que as esperadas foram ácaros e larvas. Já no verão, houve maior consumo de colêmbolos e aranhas. Quando comparados os valores volumétricos, observamos que todas as categorias de itens, com exceção das formigas foram consumidas em proporções maiores que as observadas no ambiente.

Palavras-chave: dieta; sazonalidade; Acari.

ABSTRACT

In this chapter we present data on *B. pitanga* diet in both rainy and dry seasons. We analyzed stomach contents of 30 individuals, 20 of them collected in the rainy season and 10 in the dry season, 259 items were identified, including spiders, mites, collembolans, ants, larvae, hemipterans, dipterans and coleopterans. In the leaf litter we identified 1056 items – 676 in the rainy season and 380 in the dry season – belonging to 11 categories, being mites, collembolans, and ants the more frequent mites. During the dry season, individuals have consumed a larger number of prey, but with less volume and diversity. In the rainy season, individuals consumed a smaller number of prey, but with greater volume and diversity. Females eat a larger number of items and with greater diversity when compared to males in the rainy season. The ingestion of preys showed greater similarity with the available items in the dry season, being mites and larvae the categories consumed in greater proportion than expected. In the rainy season,

individuals exhibited a preference for collembolans and spiders. When volumetric values are compared we observed that all categories, excluding ants, are consumed in greater proportions than available in the environment.

Keywords: diet; sazonalidade; Acari.

1. INTRODUÇÃO

A composição da dieta dos anuros é influenciada pelo tamanho, mobilidade, disponibilidade e abundância de presas no ambiente, sendo que uma mesma espécie de anuro pode modificar sua dieta de acordo com a época do ano, podendo também haver diferenças entre sexos e idade (TOFT, 1980; DONNELLY, 1991; LÖW E TÖRÖK 1998; DIETL et al., 2009). Essa diferença no consumo de presas, seja interespecífica ou intraespecífica, é fundamental para a regulação da estrutura de comunidades de anuros (TOFT, 1980).

A seletividade no consumo de presas e suas variações podem nos fornecer indícios do comportamento de forrageio utilizado pela espécie em questão. Classicamente, existem duas formas de forrageio: espreita e forrageamento ativo. Em teoria, os animais que empregam a estratégia de espreita gastam menos energia na busca pela presa e mais energia na sua captura; o inverso ocorreria na estratégia de forrageio ativo. Existe ainda um contínuo de formas de forrageio entre os dois extremos (MACARTHUR E PIANKA, 1966; HUEY E PIANKA, 1981). Predadores ativos se alimentam mais de animais pequenos e pouco móveis, especialmente aqueles que podem ser removidos de agregações sociais, como cupins e formigas, enquanto o oposto aconteceria com animais que utilizam a estratégia de espreita (DIETL et al., 2009).

Embora trabalhos com dieta de anuros de serapilheira sejam relativamente frequentes (e.g. TOFT, 1981; GIARETTA et al., 1998; DIETL et al., 2009; MARTINS et al., 2010), existem poucos estudos de dieta em espécies do gênero *Brachycephalus*.

Dados sobre dieta estão publicados para *B. didactylus* (ALMEIDA-SANTOS et al., 2011), *B. garbeanus* (DORIGO et al., 2012), *B. brunneus* (FONTOURA et al., 2011), *B. ephippium* (POMBAL, 1992) e *B. pernix* (WISTUBA, 1998), sendo que nos últimos três também foi feita uma análise da disponibilidade alimentar no ambiente. Os itens mais consumidos para essas espécies foram ácaros, colêmbolos e formigas.

Procuramos responder às seguintes perguntas: (1) O tamanho das presas identificadas nos conteúdos estomacais é relacionado à largura da mandíbula dos indivíduos? (2) A proporção de presas consumidas reflete a composição da mesofauna vivente no habitat? (3) Há variação sazonal na dieta e preferência alimentar, em tipos de presa ingerida, tamanho e quantidade? (4) Há diferença entre machos e fêmeas no que diz respeito à dieta? (5) Os itens ingeridos induzem a alguma conclusão acerca da estratégia de forrageamento desses animais?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise de conteúdo estomacal foram utilizados 10 indivíduos coletados no mês de julho de 2011 (estação seca) e 20 indivíduos coletados no mês de novembro de 2011 (estação chuvosa), totalizando 30 indivíduos. A diferença no número de exemplares utilizado deve-se à dificuldade em encontrá-los na estação seca, quando os indivíduos da espécie enterram-se fundo na serapilheira. Na estação seca não foi possível diferenciar o sexo dos indivíduos, por esse motivo as análises de comparação entre machos e fêmeas só foram feitas para a estação chuvosa.

Não foi possível aplicar a técnica de lavagem estomacal (veja SOLÉ E PELZ, 2007), que evita a morte dos exemplares, devido ao tamanho diminuto de *B. pitanga*. Os indivíduos a serem analisados foram mortos com uso de pomada anestésica a base de xilocaína 2%, fixados em formol 10% e conservados em álcool 70%. Sob estereomicroscópio, eles foram dissecados e tiveram seu trato digestório removido. Os indivíduos foram sexados e com auxílio de um paquímetro digital Mitutoyo duas medidas morfológicas foram tomadas: comprimento rosto-cloacal (CRC) e largura da boca.

A coleta de serapilheira foi feita em um *plot* de 50x50 cm em cada uma das duas campanhas, no local onde os indivíduos foram encontrados. A separação da fauna da serapilheira seguiu o método do funil de Berlese-Tüllgren, de acordo com Rodrigues et al. (2008). Foram considerados apenas os itens cujos tamanhos eram compatíveis com os encontrados no conteúdo estomacal dos animais.

Os itens encontrados no trato digestório e na serapilheira foram contados, medidos, fotografados e identificados até o menor nível taxonômico possível, de acordo com Borror e DeLong (1988), utilizando-se um estereomicroscópio Nikon SMZ 1500

com uma câmera Nikon Digital Sight DS-Fi1 acoplada. Foi estimado também o volume dos itens, através da fórmula para corpos elipsóides:

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{l}{2} \right) \times \left(\frac{w}{2} \right)^2$$

onde l = comprimento da presa e w = largura da presa (GRIFFITHS E MYLOTTE, 1987). O índice de importância relativa de cada categoria de presa da dieta foi calculado através da fórmula:

$$I = \left(\frac{F\% + N\% + V\%}{3} \right)$$

onde $F\%$ = frequência de ocorrência, $N\%$ = porcentagem numérica e $V\%$ = porcentagem volumétrica (BIAVATI et al., 2004).

Esses dados foram utilizados para a descrição da dieta da espécie e as diferenças sazonais ou de gênero foram verificadas através do teste t de Student ou do teste Z. As análises estatísticas seguiram Zar (1984), foram realizadas no programa Statistica 7.0 e foi considerado significativo $p \leq 0,05$.

O tamanho no nicho alimentar foi calculado seguindo KREBS (1998), através da fórmula de amplitude de nicho de Hurlbert:

$$B' = \frac{1}{\sum (p_j^2 / a_j)}$$

onde, p_j é a proporção do item j consumido pelos indivíduos e a_j é a proporção do item j disponível no ambiente. A proporção de cada classe de presa encontrada no conteúdo estomacal e seu volume foram relacionados com um teste de eletividade aos itens encontrados na serapilheira, através da seguinte fórmula:

$$D = \frac{d_k - f_k}{d_k + f_k - 2 d_k f_k}$$

onde d_k é a proporção da presa k no conteúdo estomacal e f_k é a proporção da presa k no ambiente. Os valores de índice de eletividade (D) variam de -1 a +1, sendo que +1 representa uma completa seleção ou preferência pela presa k , zero quando a presa é consumida na mesma proporção em que é encontrada no ambiente e -1 quando a presa k é ausente da dieta, mas presente no ambiente (JACOBS, 1974).

3. RESULTADOS

3.1. Conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga*

Os CRCs dos indivíduos variaram de 8,75 até 13,91 mm ($\bar{x} \pm dp = 11,75 \pm 1,53$ mm) e a largura da mandíbula variou de 2,51 até 3,77 mm ($\bar{x} \pm dp = 3,30 \pm 0,37$), sendo as duas medidas positivamente correlacionadas ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,78$; $N = 30$; Fig. 1).

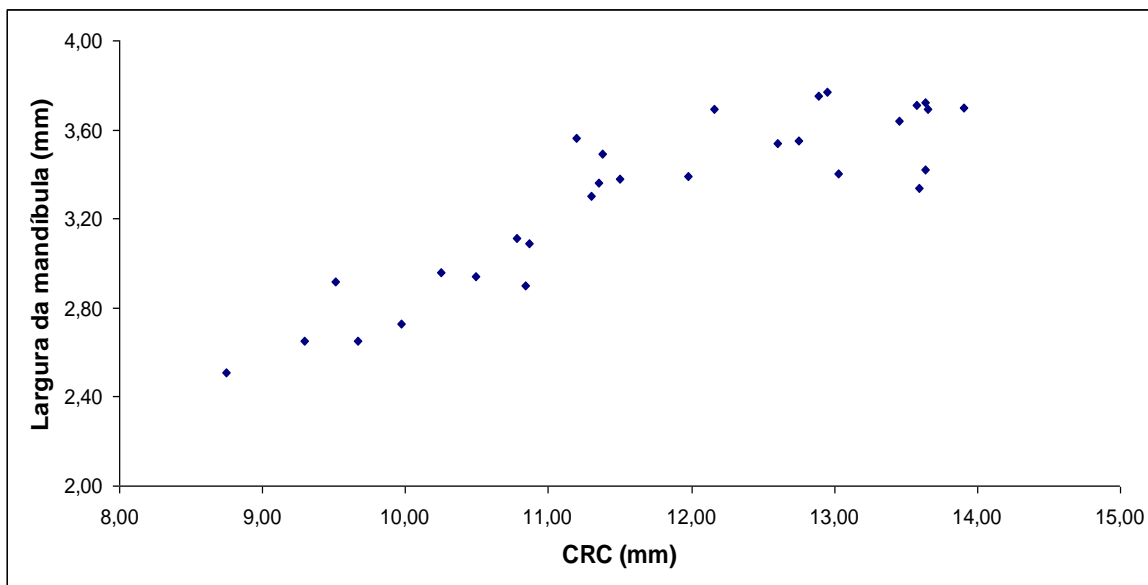


Figura 1 – Gráfico de dispersão de pontos entre o comprimento rostro-cloacal (CRC) e a largura da mandíbula em *Brachycephalus pitanga*. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

No conteúdo estomacal foram identificados 259 itens alimentares. Para cada indivíduo foi encontrado em média $12,4 \pm 9,8$ itens, sendo que quando analisamos separadamente os dados das duas estações obtivemos uma média de $18,2 \pm 10,31$ itens por indivíduo na estação seca e $9,5 \pm 8,38$ na estação chuvosa.

Foram encontradas oito categorias de itens alimentares, quatro na estação seca (Acari, Collembola, Formicidae e larvas) e sete na estação chuvosa (Araneae, Acari, Collembola, Formicidae, Hemiptera, Diptera e Coleoptera) (Tabela 1; Fig. 2). As formas larvais foram consideradas juntas, a despeito do grupo a que pertencem, devido à semelhança morfológica.

Tabela 1 – Itens alimentares encontrados no trato digestório de *Brachycephalus pitanga*, e suas respectivas frequências numéricas, volumétricas, frequências observadas e índice de importância, para as duas estações consideradas. Legenda: N = número; V = volume (em mm³); F = frequência observada; Ix = Índice de importância de cada categoria de presa. Os valores das frequências são apresentados entre parênteses. *Foram encontrados partes do item, impossibilitando sua medição. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

Itens	Estação seca (n=10)				Estação chuvosa (n= 20)			
	N (%)	V (%)	F (%)	Ix	N (%)	V (%)	F (%)	Ix
Aracnída								
Araneae					2 (1,09)	3,4 (16,3)	2 (10)	0,09
Acari	125 (70,62)	3,1 (58,4)	10 (100)	0,76	141 (77,47)	8,9 (43,2)	17 (85)	0,68
Hexapoda								
Collembola	40 (22,6)	1,4 (26,4)	8 (80)	0,43	23 (12,63)	4,9 (23,7)	8 (40)	0,25
Hymenoptera								
Formicidae	2 (1,13)	0,08 (1,5)	1 (10)	0,04	9 (4,95)	1,2 (6,0)	7 (35)	0,15
Larvas	10 (5,54)	0,7 (13,6)	5 (50)	0,23				
Hemiptera					1 (0,55)	*	1 (5)	
Diptera					3 (1,64)	0,02 (0,09)	3 (15)	0,05
Coleoptera					3 (1,64)	2,2 (10,6)	2 (10)	0,074
Total	177 (100)	5,28 (100)			182 (100)	20,62 (100)		



Figura 2 – Exemplos das sete categorias de itens encontrados em conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga*. (A) Acari; (B) Hymenoptera, Formicidae; (C) Collembola; (D) larva; (E) Araneae; (F) Hemiptera; (G) Diptera. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

Na estação seca as presas mediram em média $0,58 \pm 1,59$ mm (0,2 - 3,75 mm; N = 177) e, na estação chuvosa, $0,86 \pm 1,54$ mm (0,4 - 3,34 mm; N= 182). Os tamanhos e os volumes das presas foram significativamente correlacionados ($p < 0,001$; $r^2 = 0,43$) e os valores

de volume foram utilizados em análises de correlação e comparação. Quando consideramos em separado estação chuvosa e estação seca, observamos que os indivíduos coletados na estação chuvosa consumiram presas com maior volume que os indivíduos coletados na estação seca (Teste t : $p < 0,001$; $gl = 335$; $t = -4,13$), sendo que obtivemos uma média de volume de item por indivíduo de $0,035 \pm 0,05 \text{ mm}^3$ na estação seca e $0,123 \pm 0,26 \text{ mm}^3$ na estação chuvosa. A média do volume total de conteúdo estomacal por indivíduo foi de $0,53 \pm 0,25 \text{ mm}^3$ na estação seca e $1,26 \pm 1,37 \text{ mm}^3$ na estação chuvosa.

A correlação entre o volume máximo de presas e a largura da mandíbula dos indivíduos foi marginalmente significativa na estação seca ($p = 0,07$; $R^2 = 0,33$; $n = 10$; Fig. 3), mas não apresentou correlação na estação chuvosa ($p = 0,48$; $R^2 = 0,03$; $n = 18$; Fig. 4), demonstrando que na estação seca os indivíduos apresentam uma maior seletividade no tamanho de suas presas, buscando uma maior relação custo-benefício na predação.

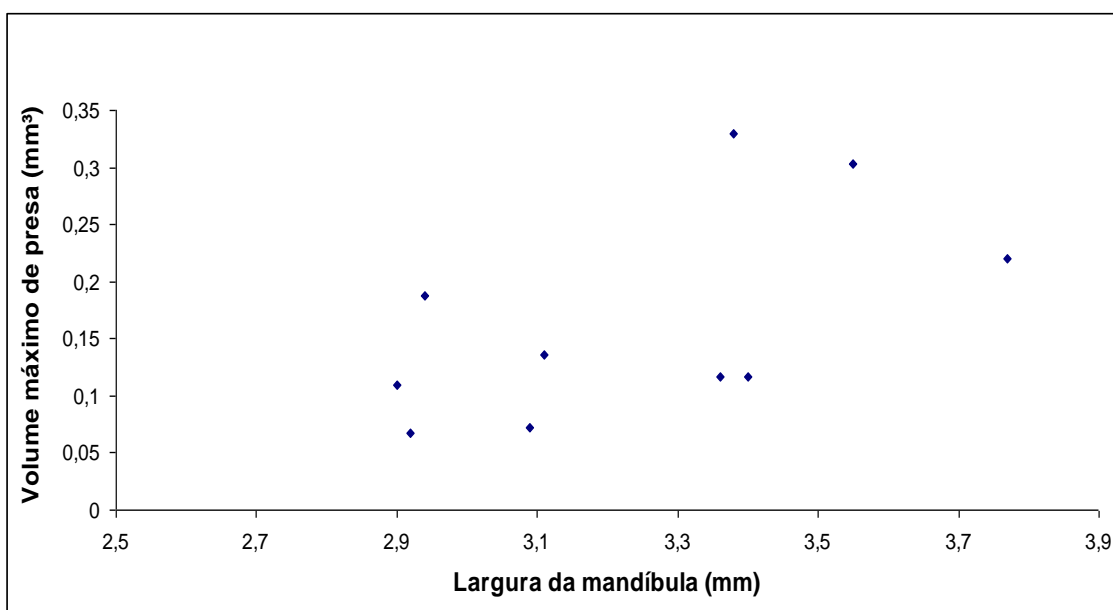


Figura 3 – Gráfico de dispersão de pontos entre o volume máximo de presas consumidas (mm^3) e largura da mandíbula (mm) de *Brachycephalus pitanga* na estação seca. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

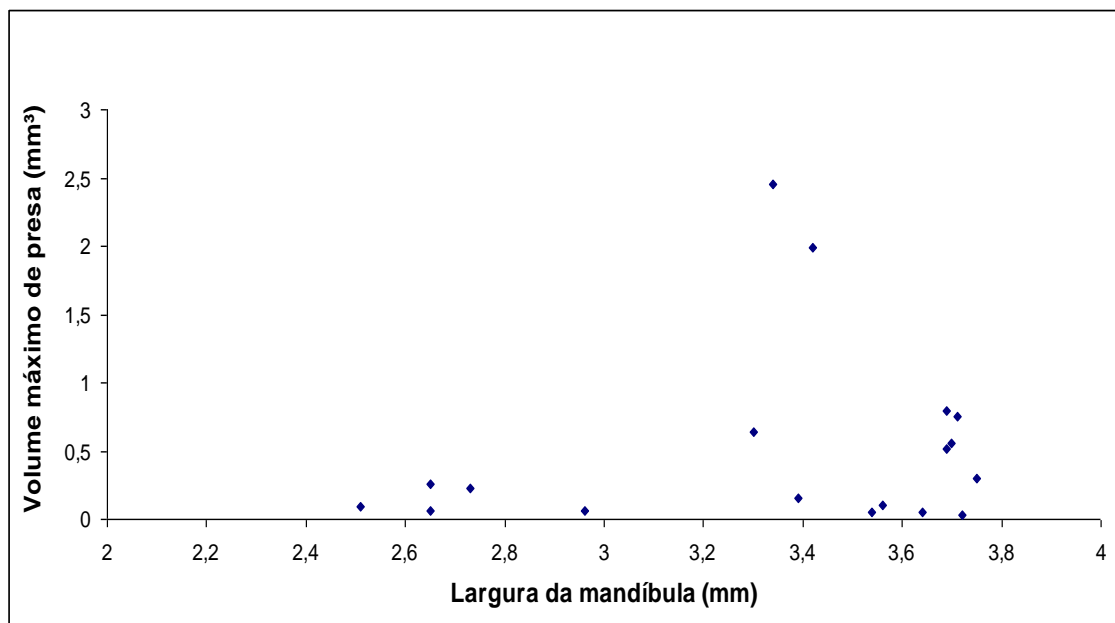


Figura 4 – Gráfico de dispersão de pontos entre o volume máximo de presas consumidas (mm³) e a largura da mandíbula (mm) de *Brachycephalus pitanga* na estação chuvosa. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

Comparação entre machos e fêmeas

Dentre os 20 indivíduos coletados na estação chuvosa, 10 eram fêmeas e 10 eram machos. Somente um dos machos apresentou trato digestório vazio. A dieta foi comparada entre os dois sexos quanto à quantidade de itens, proporção em que cada item aparece no conteúdo estomacal e tamanho dos itens.

Foram identificados 67 itens para machos e 115 para fêmeas. Os machos consumiram uma menor quantidade de presas e menos variadas, sendo que a média de categorias de itens por estômago foi de $1,66 \pm 0,86$ (de 1 a 3) para machos e $2,3 \pm 0,94$ (de 1 a 4) para fêmeas, enquanto a média de número de itens por estômago foi de $7,44 \pm 7,82$ (de 1 a 25) para machos e $11,5 \pm 8,42$ (de 3 a 28) para fêmeas. Fêmeas consumiram duas categorias de presas não encontradas no conteúdo estomacal de machos: aranhas e hemípteros; em relação às outras categorias não houve diferença significativa na proporção de itens consumidos por machos e fêmeas (Tabela 2).

Quando comparados os volumes das presas consumidas por machos e fêmeas, não foi encontrada uma diferença significativa ($p=0,37$; $gl=182$; $t=0,88$).

Tabela 2 – Itens alimentares encontrados no trato digestório de machos e fêmeas de *Brachycephalus pitanga* na estação chuvosa, suas respectivas frequências numéricas (N; número de itens encontrados) e observadas (F; número de indivíduos em que cada classe de item foi encontrada). Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

Item alimentar	Machos (N= 9)		Fêmeas (N = 10)	
	N (%)	F (%)	N (%)	F (%)
Aracnida				
Araneae	0	0	2 (1,74)	2 (20)
Acari	52 (77,6)	7 (70)	89 (77,4)	10 (100)
Hexapoda				
Collembola	10 (14,9)	4 (40)	13 (11,3)	4 (40)
Hymenoptera				
Formicidae	2 (2,9)	2 (20)	7 (6,08)	5 (50)
Hemiptera	0	0	1 (0,86)	1 (10)
Diptera	1 (1,49)	1 (10)	2 (1,73)	2 (20)
Coleoptera	2 (2,98)	1 (10)	1 (0,86)	1 (10)
Total	67 (100)		115 (100)	

3.2. Macrofauna de serapilheira

Foram isolados e identificados 1056 animais na amostra de serapilheira, sendo 676 na coleta de estação chuvosa e 380 na coleta de estação seca. Em ambas as estações os itens mais frequentes foram ácaros, colêmbolos e formigas. A tabela 3 mostra o número, volume e as respectivas proporções de cada categoria de item encontrada na serapilheira.

Houve diferença significativa entre a proporção de itens encontrada nas duas estações apenas para ácaros, colêmbolos, formigas, dípteros e quilópodes (teste Z; $p < 0,05$); destes cinco grupos somente os ácaros e formigas apareceram em maior número na estação chuvosa. O tamanho dos itens encontrados nas duas estações diferiu significativamente ($p < 0,0001$; $gl = 1056$; $t = 9,51$), assim como o volume dos itens ($p < 0,0001$; $gl = 1056$; $t = 7,50$). Os maiores tamanhos foram encontrados na estação seca, o que pode ser entendido quando observamos a quantidade de ácaros, que são itens pequenos, nas duas estações: maior na época chuvosa.

Tabela 3 - Macrofauna encontrada em análise da serapilheira em duas estações distintas. Os dados são apresentados como número total e volume (em mm³) de cada categoria de item, com suas respectivas porcentagens entre parênteses. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

Item	Estação seca		Estação chuvosa	
	N (%)	V (%)	N (%)	V (%)
Aracnida				
Araneae	1 (0,26)	0,01 (0,03)	5 (0,73)	0,1 (0,5)
Acari	195 (51,72)	5,6 (17,7)	518 (76,62)	6,8 (32,7)
Pseudoscorpiones			4 (0,59)	0,1 (0,5)
Hexapoda				
Collembola	120 (31,83)	3,1 (9,7)	71 (10,5)	2,8 (13,4)
Hymenoptera				
Formicidae	44 (11,67)	15,3 (48,2)	58 (8,57)	8,7 (41,8)
Larvas	3 (0,79)	2,3 (7,2)	1 (0,14)	0,4 (1,9)
Hemiptera	1 (0,26)	0,05 (0,1)		0,9 (4,32)
Diptera	2 (0,53)	0,35 (1,1)		
Coleoptera	7 (1,85)	2 (6,3)	12 (1,77)	0,6 (2,9)
Thysanoptera	2 (0,53)	0,1 (0,3)	6 (0,88)	0,1 (0,5)
Chilopoda	2 (0,53)	0,4 (1,2)	0	
Orthoptera			1 (0,14)	0,3 (1,4)
Total	377 (100)	31,73 (100)	676 (100)	20,8 (100)

3.3. Consumo de presas

Determinou-se a correlação entre a disponibilidade dos itens no ambiente e o consumido por *B. pitanga* através do cálculo de Hulbert para tamanho de nicho, sendo que essa correlação foi menor na estação seca ($B' = 0,65$) que na estação chuvosa ($B' = 0,96$). As figuras 5 e 6 apresentam a proporção de itens amostrados nos estômagos e na serapilheira para a estação seca e chuvosa.

O teste de eletividade para as categorias de presas mostrou um consumo diferenciado entre os indivíduos da estação seca e os da chuvosa (Tabela 4). Assim, embora os ácaros tenham sido os itens mais importantes na dieta de *B. pitanga* nas duas estações, na estação chuvosa eles aparecem em menor proporção do que encontrado no ambiente. Colêmbolos, que também apresentaram altos índices de importância relativa na dieta de *B. pitanga*, foram consumidos em menor proporção do que o esperado na estação seca. Em relação ao volume, todas as categorias de itens consumidas, com exceção de Formicidae, apresentaram maior representatividade na dieta do que no ambiente (Figs. 7 e 8).

Tabela 4 – Índice de eletividade de dieta de *Brachycephalus pitanga* para valores numéricos e volumétricos das amostras da estação seca e da chuvosa. Os valores vão de +1 (completa preferência por determinada presa), passam por zero (presa é consumida na mesma proporção encontrada no ambiente) e vão até -1 (presa está ausente da dieta, mas presente no ambiente). *Foi encontrado apenas um exemplar de Diptera nos conteúdos estomacais e esta categoria de item alimentar não foi encontrada nas análises de serapilheira, já que a metodologia utilizada para triagem não é adequada para coleta de indivíduos desta ordem. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

	Número de itens		Volume de itens	
	Est. Seca	Est. Chuvosa	Est. Seca	Est. Chuvosa
Acari	0,31	-0,31	0,73	0,22
Collembola	-0,22	0,19	0,53	0,33
Larvas	0,81	-	0,33	-
Formicidae	-0,75	-0,14	-0,96	-0,83
Araneae	-	0,34	-	0,95
Coleoptera	-	-0,40	-	0,59
Diptera	-	1*	-	1*

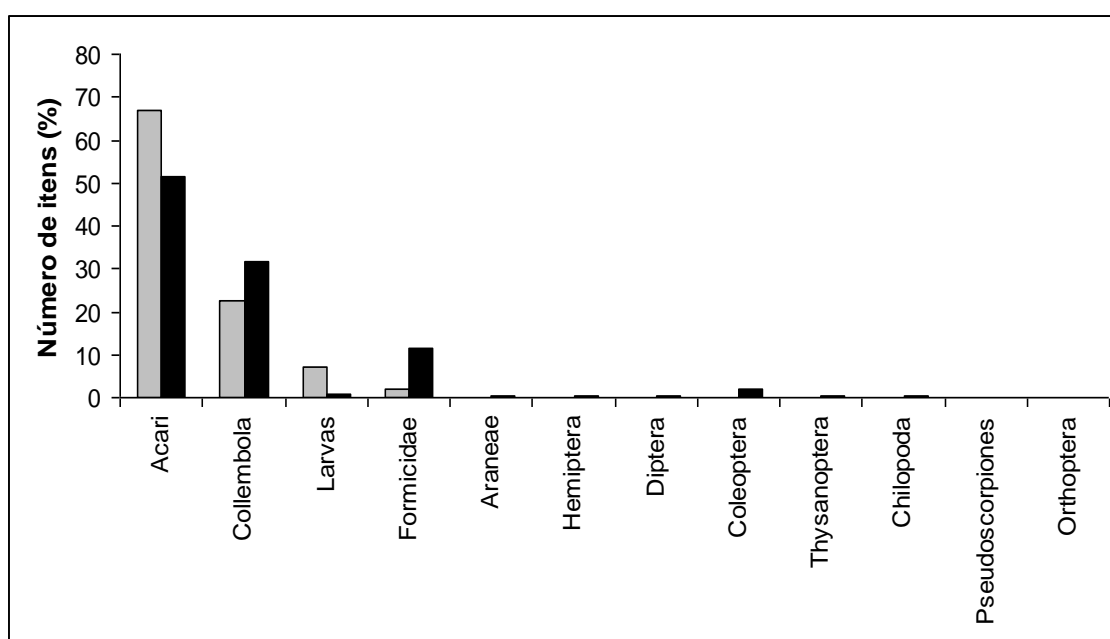


Figura 5 – Proporção do número de itens encontrados na análise do conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga* (barras cinzas) e na serapilheira (barras pretas) na estação seca. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

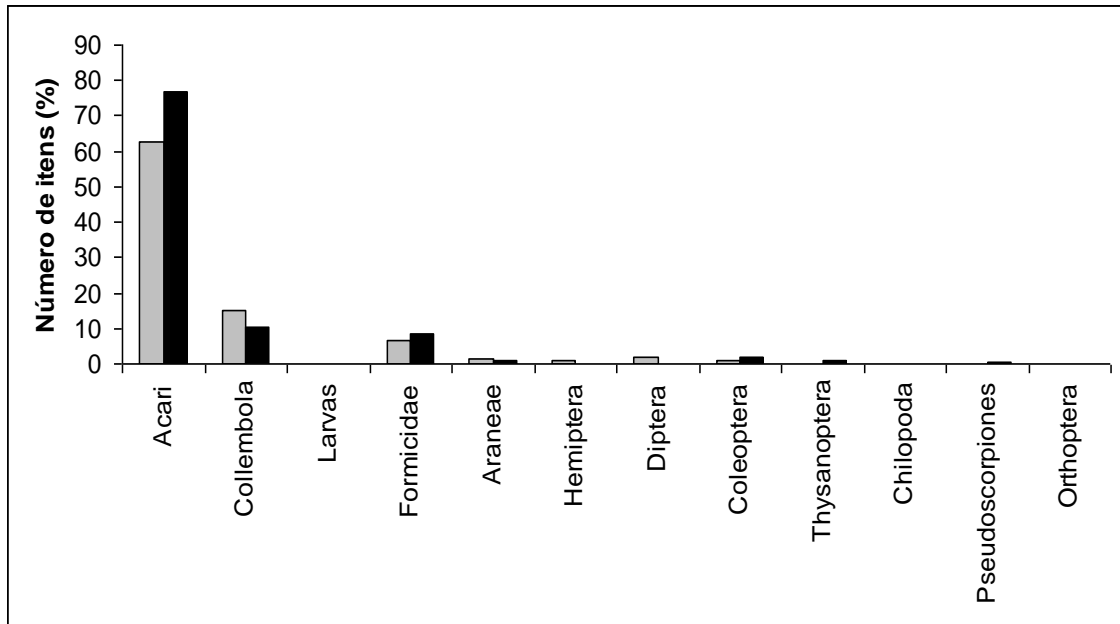


Figura 6 – Proporção do número de itens encontrados na análise do conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga* (barras cinzas) e na serapilheira (barras pretas) na estação chuvosa. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

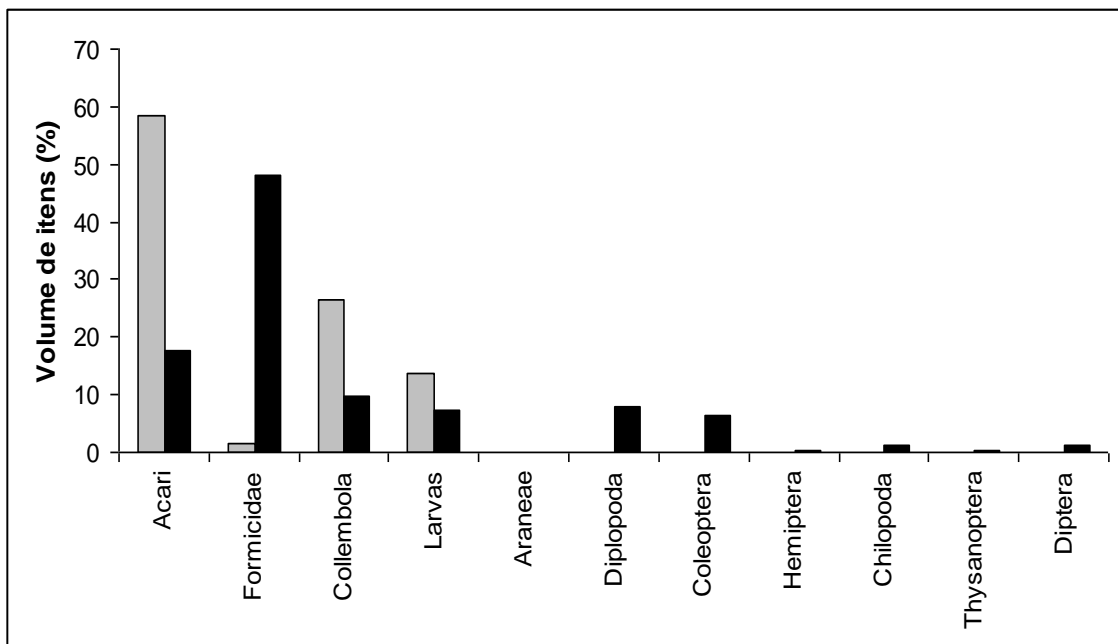


Figura 7 - Proporção do volume de itens encontrados na análise de conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga* (barras cinzas) e na serapilheira (barras pretas) na estação seca. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

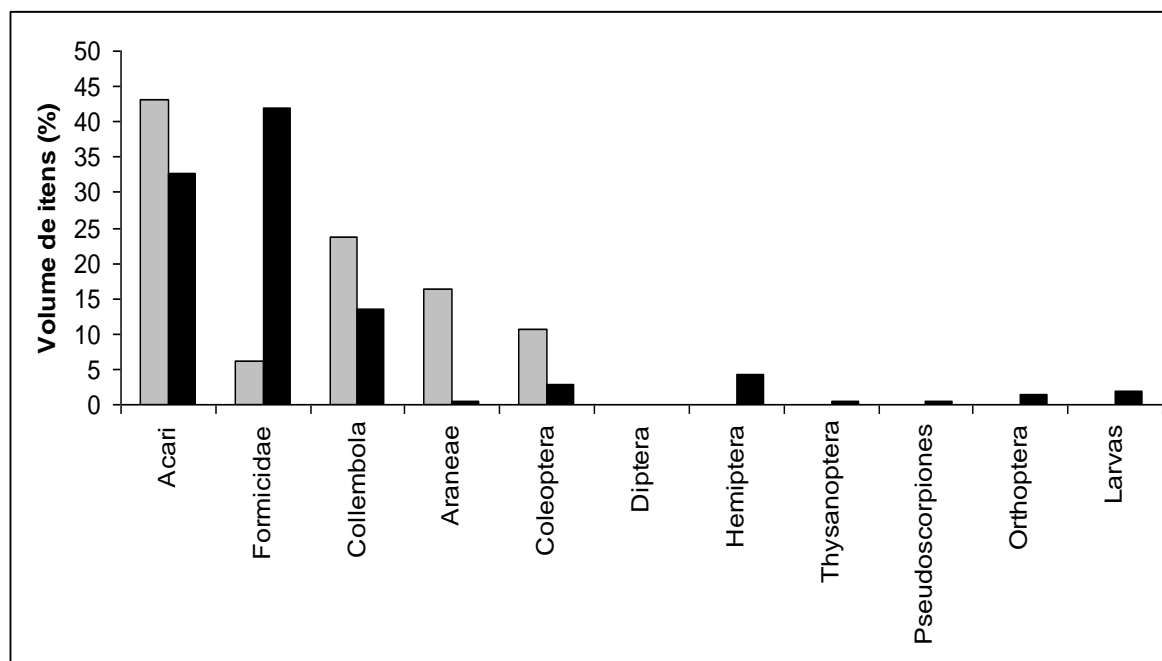


Figura 8 - Proporção do volume de itens encontrados na análise de conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga* (barras cinzas) e na serapilheira (barras pretas) na estação chuvosa. Núcleo Santa Virgínia, São Luis do Paraitinga, São Paulo.

4. DISCUSSÃO

As principais presas de *Brachycephalus pitanga* (ácaros, colêmbolos e formigas) repetem-se para as outras espécies do gênero já estudadas: *B. brunneus* (FONTOURA et al., 2011), *B. didactylus* (ALMEIDA et al., 2011), *B. ephippium* (POMBAL, 1992) e *B. pernix* (WISTUBA, 1998). A preferência por ácaros seguida por colêmbolos ocorreu em *B. pitanga* (tanto na estação seca quanto na chuvosa) e também em *B. brunneus* e *B. pernix*, invertendo-se em *B. didactylus* e *B. ephippium* (que se alimentaram de colêmbolos em maior proporção); já em *B. garbeanus*, ácaros e formigas foram os itens mais consumidos (DORIGO et al., 2012).

Os ácaros foram as presas que apresentaram os mais altos índices de importância relativa e foram consumidos em maiores proporções que aquelas encontradas no ambiente na estação seca. Essa importância dos ácaros na dieta de espécies do gênero *Brachycephalus* parece ter relação com o seu tamanho, como observado por Simon e Toft (1991), que constataram uma relação negativa entre o tamanho dos anuros e a quantidade de pequenas presas que eles consomem; ou seja, quanto menor o tamanho do anuro, mais presas pequenas ele irá consumir.

Entretanto, não é possível chegar a uma conclusão exata sobre os itens que são preferidos ou evitados pelos anuros, já que claramente os nossos métodos de amostragem da

serapilheira não são precisos a ponto de indicar o que realmente encontra-se mais ou menos disponível aos anuros e não levam em consideração fatores como o hábito de vida das presas ou mesmo o comportamento de forrageio dos anuros.

Os valores de amplitude de nicho de *B. pitanga* foram significativamente maiores na estação seca que na chuvosa, indicando uma diferença no consumo de presas entre as duas estações, sendo que na estação chuvosa os indivíduos parecem ser generalistas. Em *B. pernix* (WISTUBA, 1998) e *B. garbeanus* (DORIGO et al., 2012) tal diferença não existiu, sendo os valores para as duas estações similares.

O número de itens encontrado no conteúdo estomacal de *Brachycephalus pitanga* foi menor na estação chuvosa, resultado oposto do encontrado por Dorigo et al. (2012) para *Brachycephalus garbeanus* e por Wistuba (1998) para *B. pernix*. Nossos dados sugerem que na estação chuvosa, além da alimentação, os indivíduos estão focados na atividade reprodutiva. Essa relação parece ter sido compensada no tamanho das presas consumidas: na estação chuvosa o consumo de itens grandes foi maior do que na estação seca. Uma vez que os itens menores são os mais disponíveis na estação chuvosa, esse consumo de presas maiores pode indicar uma necessidade de obtenção de uma grande quantidade de energia mais rapidamente.

Observamos uma maior tendência na correlação entre tamanho máximo de presa e a largura da mandíbula na estação seca. Ou seja, na estação seca os volumes máximos das presas estariam mais de acordo com o tamanho da boca dos sapos, uma correlação já observada por outros autores (e.g. TOFT, 1980; LIMA, 1998; LÖW E TÖRÖK, 1998; MARTINS et al., 2010; FORTI et al., 2011) e que ocorreria devido a uma maior seleção no tamanho dos itens a serem consumidos.

As fêmeas alimentam-se mais e de uma maior diversidade de presas em comparação aos machos mas, uma vez que não foram coletadas na estação seca, não foi possível fazer uma comparação entre as suas dietas nas duas estações. Dietas diferenciadas entre machos e fêmeas foram observadas para outras espécies de anuros (DONNELLY, 1991; MIRANDA et al., 2006) e podem ser um reflexo do dimorfismo comportamental entre os sexos. Solé e Pelz (2007) estudaram a relação entre período reprodutivo e alimentação em machos de hilídeos que se reproduzem em áreas distantes das áreas de alimentação. Segundo estes autores, quanto menor é o período reprodutivo de uma espécie, mais machos deixarão de se alimentar durante esse tempo. *Brachycephalus pitanga* foi visto alimentando-se e reproduzindo-se na mesma área, o que pode fazer com que os machos não deixem de se alimentar completamente durante o período reprodutivo, embora nossos dados sugiram que o façam com menor frequência.

Como consequência, ao final do período reprodutivo os machos de *B. pitanga* estão visivelmente mais magros (obs. pess.). Essa perda de peso pode também estar associada ao alto gasto energético das atividades relacionadas à reprodução, como vocalizações e combates físicos (WELLS, 2007).

De acordo com a mobilidade das presas consumidas, foi possível inferir que *Brachycephalus pitanga* é um predador ativo. Segundo Wistuba (1998) e Dietl et al. (2009), a presença de ácaros em maior frequência na dieta do que no ambiente é um indício de que a espécie é predadora ativa, o que foi observado para *Brachycephalus pernix* (WISTUBA, 1998). Para *B. pitanga* essa seleção ocorreu apenas na estação seca e não houve mudança na proporção de ácaros na dieta na estação chuvosa, mas uma mudança na disponibilidade dos ácaros no ambiente. Observações de comportamento de forrageio de *B. pitanga* corroboram essa hipótese de que sejam predadores ativos, uma vez que foram vistos locomovendo-se com a cabeça inclinada para o substrato antes de fazer uma captura (obs. pessoal). Já *Brachycephalus nodoterga* foi considerado por Heyer et al. (1990) como um predador de espreita, com base em observações dos animais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-SANTOS, M., SIQUEIRA, C. C., VAN SLUYS, M., ROCHA, C. F. D. 2011. Ecology of the Brazilian flea frog *Brachycephalus didactylus* (Terrarana: Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 45, n. 2, p. 251-255.

BIAVATI G. M., H. C. WIEDERHECKER, G. R. COLLI. 2004. Diet of *Epipedobates flavopictus* (Anura: Dendrobatidae) in a Neotropical Savanna. **Journal of Herpetology**, v. 38, p. 510–518.

BORROR, J. D., DELONG, D. M. 1988. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda.

DIETL, J., ENGELS, W., SOLÉ, M. 2009. Diet and feeding behaviour of the leaf-litter frog *Ischnocnema henselii* (Anura: Brachycephalidae) in Araucaria rain forests on the Serra Geral of Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Natural History**, v. 43, n. 23-24, p. 1473-1483.

DONNELLY, M. A. 1991. Feeding patterns of the strawberry poison frog, *Dendrobates pumilio* (Anura: Dendrobatidae). **Copeia**, v. 1991, n. 3, p. 723-730.

DORIGO, T. A., C. C. SIQUEIRA, D. VRCIBRADIC, T. MAIA-CARNEIRO, M. ALMEIDA-SANTOS, C. F. D. ROCHA. 2012. Ecological aspects of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus garbeanus* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Neobatrachia: Brachycephalidae),

in a highland forest of southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 46, n. 39–40, p. 2497–2507.

FONTOURA, P. L., RIBEIRO, L. F., PIE, M. R. 2011. Diet of *Brachycephalus brunneus* (Anura: Brachycephalidae) in the Atlantic Rainforest of Paraná, southern Brazil. **Zoologia**, v. 28, n. 5, p. 687–689.

FORTI, L. R., TISSIANI, A. S. O., MOTT, T., STRÜSSMANN, C. 2011. Diet of *Ameerega ebraccata* (Steindachner, 1864) (Anura: Dendrobatidae) from Chapada dos Guimarães and Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 189-196.

GIARETTA, A. A., M. S. ARAOJO, H. F. MEDEIROS, K. G. FACURE. 1998. Food habits and ontogenetic diet shift of the litter dwelling frog *Proceratophrys boiei* (Wied). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 15, p. 385-388.

GRIFFITHS R. A., MYLOTTE, V. J. 1987. Microhabitat selection and feeding relations of smooth and warty newts, *Triturus vulgaris* and *T. cristatus*, at an upland pool in Mid-Wales. **Holarctic Ecology**, v. 10, n. 1, p. 1-7.

HEYER, W. R., RAND, A. S., CRUZ, C. A G., PEIXOTO, O. L., NELSON, C. E. 1990. Frogs of Boracéia. **Arquivos de Zoologia**, v. 31, p. 231-410.

HUEY, R. B., PIANKA, E. R. 1981. Ecological consequences of foraging mode. **Ecology**, v. 62, n. 4, p. 991-999.

JACOBS, J. 1974. Quantitative measurement of food selection. **Oecologia** (Berlin), v. 14, p. 413-417.

KREBS, C. J. 1989. **Ecological methodology**. Harper & Row, New York, New York, 654 p.

LIMA, A.P. 1998. The effects of size on the diets of six sympatric species of postmetamorphic litter anurans in Central Amazonia. **Journal of Herpetology**, v. 32, p. 392-399.

LÖW, P., TÖRÖK, J. 1998. Prey size selection and food habits of water frogs and moor frogs from Kis-Balaton, Hungary. **Herpetozoa**, v. 11, n. ½, p. 71 – 78.

MACARTHUR, R. H., PIANKA, E. R. 1966. On optimal use of a patchy environment. **The American Naturalist**, v. 100, n. 916, p. 603-609.

MARTINS, A.C.J.S., KIEFER, M.C., SIQUEIRA, C.C., VAN SLUYS, M., MENEZES, V.A., ROCHA, C.F.D. 2010. Ecology of *Ischnocnema parva* (Anura: Brachycephalidae) at the Atlantic Rainforest of Serra da Concórdia, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia**, v. 27, p. 201-208.

MIRANDA, T., EBNER, M., SOLÉ, M., KWET, A. 2006. Spatial, seasonal and intrapopulational variation in the diet of *Pseudis cardosoi* (Anura: Hylidae) from the Araucária Plateau of Rio Grande do Sul, Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 1, p. 121–130.

POMBAL JR., J. P. 1992. História natural de *Brachycephalus ephippium* (Anura; Brachycephalidae), na região de Campinas, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo.

RODRIGUES, K. M., CORREIA, M. E. F., ALVES, L. B., AQUINO, A. M. 2008. Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de macroartrópodes de solo. **EMBRAPA Circular Técnica** 22. Seropédica, RJ.

SIMON, M. P., TOFT, C. A. 1991. Diet specialization in small vertebrates: mite-eating in frogs. **Oikos**, v. 61, p. 263–278.

SOLÉ, M., PELZ, B. 2007. Do male tree frogs feed during the breeding season? Stomach flushing of five syntopic hylid species in Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Natural History**, v. 41, n. 41–44, p. 2757–2763.

TOFT, C. A. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. **Oecologia**, v. 45, p. 131–141.

TOFT, C. A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: patterns in diet and foraging mode. **Journal of Herpetology**, v. 15, n. 2, p. 139-144.

WELLS, K. D. 2007. **The ecology & behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Ltd., London.

WISTUBA, E. M. 1998. História natural de *Brachycephalus pernix* Pombal Jr., Wistuba; Bornschein, 1998 (Anura) no Morro Anhangava, município de Quatro Barras, Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

ZAR, J. H. 1984. **Bioestatistical analysis**. (2^a ed.) Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffe, New Jersey.

Capítulo 3

Biología reproductiva e ecología de *Brachycephalus pitanga*

(Anura: Brachycephalidae)

RESUMO

Nesse capítulo são apresentados dados gerais sobre coloração dos adultos, dimorfismo sexual, biologia reprodutiva, ecologia e predação de *Brachycephalus pitanga*. Verificou-se a presença de dimorfismo sexual por tamanho, com fêmeas maiores que machos. O comportamento de corte foi acompanhado, sendo que o amplexo é do tipo inguinal e o casal move-se pela serapilheira por um período que pode chegar a mais de 12 horas. Nas fêmeas foi encontrada uma média de cinco ovócitos com diâmetro que variou de 0,83 a 2,73 mm e não houve correlação entre o tamanho das fêmeas e o volume total ou o diâmetro dos ovócitos. A atividade dos indivíduos concentrou-se na estação chuvosa e o número de machos vocalizando não foi correlacionado à temperatura nem à umidade relativa do ar. O turno diurno de vocalização foi verificado durante a estação chuvosa e se estendeu de 06h20 às 19h20. Investigou-se a densidade de *B. pitanga* em três ambientes, sendo que não houve uma diferença significativa entre eles e houve correlação entre a densidade de indivíduos e a profundidade do folhiço. Foram registrados cinco comportamentos relacionados à defesa em *B. pitanga*, a saber: permanecer parado, entrar sob a serapilheira, saltar, tanatose e abrir a boca.

Palavras-chave: dimorfismo sexual; predação; fecundidade; densidade populacional; período de atividades.

ABSTRACT

In this chapter it is presented general data on the color of adults, sexual dimorphism, reproductive biology, ecology, and predation of *Brachycephalus pitanga*. We verified the presence of sexual size dimorphism, with females larger than males. The courtship behavior was followed, the amplexus is inguinal and the couple moves through the leaf litter over a period that can last up to 12 hours or longer. In females we found an average of five oocytes with diameter ranging from 0.83 to 2.73 mm and there was no correlation between size of females and the total egg volume or egg diameter. The activity of *B. pitanga* was diurnal, concentrated in the rainy season, and the number of calling males was not correlated to temperature neither to relative air humidity. The daily vocalization period was verified in the rainy season and lasted from 06h20 to 19h20. The density of *B. pitanga* was investigated in three environments and there was no significant difference between them. A significant correlation was found between population density and leaf litter depth. Five defensive

behaviors were registered, namely: stand still, get under the leaf litter, jump, thanatosis, and mouth opening.

Keywords: sexual dimorphism; predation; fecundity; population density; activity period.

1. INTRODUÇÃO

Características dos indivíduos adultos

As espécies de *Brachycephalus* exibem uma grande variação de cores, sendo que algumas possuem coloração aposemática – relacionada à presença de tetrodotoxina, por exemplo, em *Brachycephalus ephippium* (PIRES et al., 2002, 2003). É característica marcante do gênero a miniaturização, processo evolutivo que culminou em uma diminuição extrema do tamanho corpóreo dos adultos e acarretou modificações marcantes na morfologia, fisiologia e ecologia das espécies (HANKEN E WAKE, 1993; YEH, 2002).

A existência ou não de dimorfismo sexual em tamanho em uma dada espécie de anfíbio pode ser determinada pela combinação entre a idade de maturação sexual e a taxa de crescimento após a maturação sexual, em ambos os sexos (HALLIDAY E TEJEDO, 1995), pela pressão de predação (maior em machos devido à atividade de vocalização) (HOWARD, 1981) e pelo volume do corpo dedicado à alocação de óvulos nas fêmeas (SHINE, 1979), sendo que na maioria das espécies de anuros as fêmeas apresentam tamanho corpóreo maior que os machos (DUELLMAN E TRUEB, 1986).

Biologia reprodutiva

Estudos de biologia reprodutiva em anuros abrangem aspectos da história de vida dos animais, que incluem características como comportamento de corte, modo de deposição dos ovos e desenvolvimento, tamanho e número de ovos, esforço reprodutivo e cuidado parental (WELLS, 2007).

Espécies do grupo Terrarana, ao qual pertence o gênero *Brachycephalus*, têm reprodução terrestre, com desenvolvimento de ovos terrestre (exceto em *Eleutherodactylus jasperii*, onde os ovos são retidos nos ovidutos das fêmeas, que parem filhotes também por desenvolvimento direto) e dente do ovo embrionário (HEINICKE et al., 2009). O desenvolvimento direto é um exemplo extremo das modificações de modos reprodutivos encontradas em anuros (CALLERY, 2001) e tem relação com outras características reprodutivas como diminuição do número e aumento do tamanho dos ovos, sendo associado também ao tamanho da espécie (e.g. HEDGES, 1988; ALMEIDA-SANTOS et al., 2011).

Para o gênero *Brachycephalus*, existem dados publicados sobre a biologia reprodutiva de *Brachycephalus didactylus* (informações sobre número e tamanho dos ovos em ALMEIDA-SANTOS et al., 2011) e de *Brachycephalus ephippium* (comportamento de corte, oviposição e desenvolvimento embrionário em POMBAL et al., 1994; POMBAL, 1999).

Ecologia

As atividades sazonais e diárias dos anuros geralmente são correlacionadas com as condições ambientais, especialmente temperatura e umidade. O padrão mais frequente é de espécies noturnas cujo período reprodutivo coincide com a época mais quente e chuvosa do ano (DUELLMAN E TRUEB, 1986).

A densidade populacional de anuros pode ser determinada por fatores como a disponibilidade de alimento, fatores abióticos e predação (ZUG, 2001), sendo que em espécies que habitam a serapilheira, a profundidade do folhicho, a temperatura e a umidade são fatores determinantes na densidade dos animais (FAUTH et al., 1989; VAN SLUYS et al., 2007).

Espécies do gênero *Brachycephalus* tendem a ser localmente abundantes (e.g. VERDADE et al., 2008; VAN SLUYS et al., 2001; RIBEIRO et al., 2005), mas a relação entre a densidade e características do habitat só foi estudada em *B. didactylus* (VAN SLUYS et al., 2007).

Comportamento defensivo

Os mecanismos defensivos dos animais são usualmente classificados em primários e secundários. Os mecanismos primários são aqueles que não dependem da presença de um predador e os secundários são estimulados pela presença do predador (EDMUNDS, 1974).

Anfíbios anuros adultos são presas comuns, tanto de invertebrados como de vertebrados (para revisão veja TOLEDO, 2005 e TOLEDO et al., 2007) e embora a maioria das espécies seja palatável, é comum como mecanismo de defesa primário a presença de toxinas na pele e de coloração aposemática relacionada a ela, sendo esse o caso de pelo menos uma espécie do gênero *Brachycephalus* (PIRES et al., 2002; PIRES et al., 2003). Já mecanismos de defesa comportamentais secundários, registrados para o gênero, incluem tanatose, fuga e abrir a boca (POMBAL, 1992; WISTUBA, 1998; ALVES et al., 2009).

Tendo em vista o conhecimento escasso sobre o gênero *Brachycephalus*, o objetivo deste capítulo foi obter informações sobre a biologia reprodutiva e ecologia de *Brachycephalus pitanga*, mais especificamente: características dos indivíduos adultos; dimorfismo sexual; características dos ovos e relações tamanho-fecundidade; padrões

temporais de atividade dos machos; densidade populacional em diferentes áreas de ocorrência; e relação da espécie com predadores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características dos indivíduos adultos

Indivíduos de *Brachycephalus pitanga* encontrados ao acaso ou coletados dentro dos *plots* (veja o item 2.4. para a explicação sobre a metodologia dos *plots*) foram medidos, sexados (quando possível) e tiveram seu dorso fotografado, para ilustrar os diferentes padrões de coloração existentes dentro da espécie e avaliar o potencial destes padrões para a individualização dos animais.

Com um paquímetro digital Mitutoyo (precisão 0,01 mm) foram medidos 120 indivíduos, sendo 24 fêmeas e 96 machos. Através de um teste t de student foi verificada se a diferença de tamanho entre os sexos é significativa.

2.2. Fecundidade

Foram utilizadas nas análises 13 fêmeas ovadas coletadas durante a estação reprodutiva. Dez delas foram coletadas no mês de novembro de 2012, no mesmo dia e local. As outras três foram provenientes da Coleção de Anfíbios Célio F. B. Haddad; as fêmeas foram dissecadas e tiveram seus óvulos contados e os diâmetros medidos com auxílio de estereomicroscópio Nikon SMZ 1500 com uma câmara Nikon Digital Sight DS-Fi1 acoplada. Através de uma correlação de Pearson verificamos as relações de tamanho-fecundidade, para as quais foram utilizados dados de número de ovócitos, diâmetro dos ovócitos e volume de todos os ovócitos. O volume foi calculado através da fórmula para corpos elipsoides:

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{l}{2} \right) x \left(\frac{w}{2} \right)^2$$

onde *l*= comprimento da presa e *w*=largura da presa (GRIFFITHS E MYLOTTE, 1987).

2.3. Observações naturalísticas

As observações naturalísticas foram feitas seguindo-se as metodologias de animal focal e com registro de todas as ocorrências (LEHNER, 1987) e documentadas por meio de fotografias e filmagens, utilizando-se uma câmera Fujifilm Finepix S1800.

2.4. Densidade populacional

Foram demarcados *plots* de 2,5 x 2,5 m no chão da mata, em áreas onde os animais foram previamente visualizados ou escutados. Dentro de cada *plot* os animais foram procurados na serapilheira por duas ou três pessoas, com ajuda de um pequeno rastelo, durante aproximadamente 20 min; os exemplares de *B. pitanga* encontrados foram colocados em um saco plástico. Após esse tempo, eles foram medidos e sexados (quando possível) e devolvidos ao *plot* de onde haviam sido coletados.

Dentro de cada *plot* foram realizadas medições de temperatura, umidade relativa do ar e profundidade da serapilheira. Para as duas primeiras medições utilizou-se um termohigrômetro. Para verificar a profundidade da serapilheira padronizou-se a inserção de uma pequena pá de jardinagem no solo até onde a camada de raízes ou o solo não permitissem continuar a inserção e mediu-se esse trecho da pá.

Os *plots* foram feitos em três trilhas que apresentam vegetação bem distinta: a trilha Pau-de-Bala, localizada em uma área de mata bem conservada (Fig. 1-A); a trilha Ipiranga (primeiro quilômetro), localizada em uma área de plantio de *Eucalyptus* spp. abandonado, com um denso sub-bosque (Fig. 1-B); a trilha da Pirapitinga (primeiro quilômetro) que está em uma área de mata secundária em regeneração (Fig. 1-C).



Figura 1 – Vista de trechos das trilhas amostradas: (A) Trilha Pau-de-Bala, (B) Trilha Ipiranga, (C) Trilha da Pirapitinga. (Foto 1-A de Nadya Pupin, 1-B de Thaís Condez e 1-C de Eliziane Oliveira). Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

2.5. Padrões temporais de atividade

No período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, foram realizadas contagens dos números de indivíduos vocalizando ao longo de 400 metros da Trilha da Pirapitinga, sendo mensais na estação chuvosa (de setembro a março) e bimensais na estação seca (de abril a agosto). Tais contagens foram efetuadas três vezes ao dia: no período da manhã (entre 8h30 e

9h30), no meio do dia (entre 11h30 e 12h30) e no fim da tarde (entre 17h e 18h). Em todas as contagens foram tomadas medidas de temperatura e umidade relativa do ar. O número de indivíduos vocalizando foi relacionado, então, aos fatores abióticos registrados. Foi feita uma incursão ao local de coleta de dados às 5h20 (quarenta minutos antes do amanhecer), e em outra ocasião até o anoitecer, para registrar o início e o final das atividades diurnas de *B. pitanga*.

As análises estatísticas foram feitas no programa Statistica 7.0 e seguiram Zar (1996). Foi considerado como significativo $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1. Características dos adultos e dimorfismo sexual

Foi encontrada uma ampla variação de coloração dorsal em indivíduos de *Brachycephalus pitanga*, exemplificada na Figura 2. As cores variaram desde alaranjado com pontos esbranquiçados até um tom de roxo enegrecido, passando pelo padrão mais frequente, o dorso alaranjado com regiões róseo-avermelhadas. Diversos indivíduos também mostraram manchas marrons ou pontos enegrecidos.

Foram medidos 96 machos e 24 fêmeas e constatado dimorfismo sexual apenas em tamanho, sendo que as fêmeas foram maiores que os machos (Teste t: $p < 0,001$; $t = 115,64$; $gl = 118$). O CRC médio dos machos foi de $11,12 \pm 0,98$ mm (8,30 - 12,94 mm) e o das fêmeas foi de $13,56 \pm 0,61$ mm (11,98 - 14,6 mm).



Figura 2 – Diferentes padrões de coloração dorsal de *Brachycephalus pitanga* no Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo (Fotos 2 e 3: Thaís Condez; 5 e 6: Nadya Pupin; 4 e 7: Carlos Gussoni; 1, 8 e 9: Eliziane Oliveira).

3.2. Fecundidade

. Para a maioria das fêmeas, foi possível distinguir apenas duas massas de óvulos despigmentados, uma do lado direito e outra do lado esquerdo da cavidade abdominal (Fig. 3), não sendo possível uma contagem precisa; por esse motivo, foi utilizada a medida de volume da massa de ovócitos para a relação de tamanho-fecundidade. Entretanto, para seis fêmeas os ovócitos puderam ser contados e medidos, o que resultou em $5,12 \pm 1,45$ (2 - 7) ovos de $1,68 \pm 0,48$ (0,83 – 2,73) mm.



Figura 3 – Fêmea de *Brachycephalus pitanga*, com trato digestório removido e ovários expostos. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo. Foto: E. G. Oliveira.

Foi possível distinguir esferas menores aderidas às grandes massas de óvulos (Fig. 4), indicando óvulos em diferentes estágios de maturação, o que caracteriza mais de uma desova na mesma estação reprodutiva.

Houve correlação entre o volume total de ovócitos e o comprimento rostro-cloacal (CRC) das fêmeas ($p=0,04$; $R^2= 0,42$; $n= 10$; Figura 5), mas não entre o CRC das fêmeas e o diâmetro dos ovos ($p=0,9$; $R^2=0,004$; $n= 6$; Figura 6).

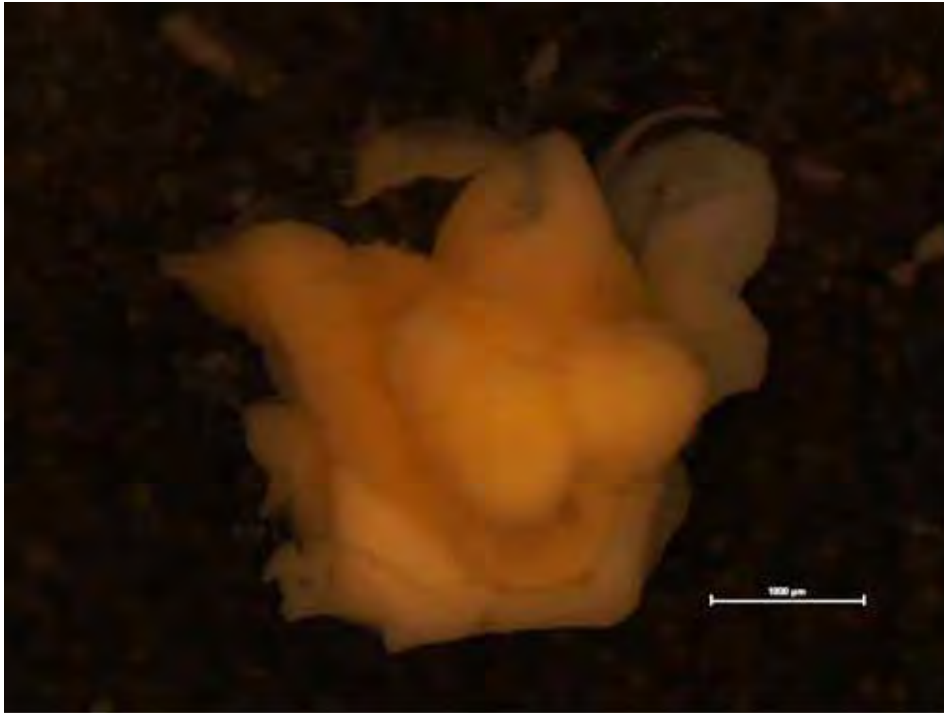


Fig 4 – Massa de óvulos de *Brachycephalus pitanga* mostrando diferentes estágios de maturação ao mesmo tempo. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo. Foto: E. G. Oliveira.

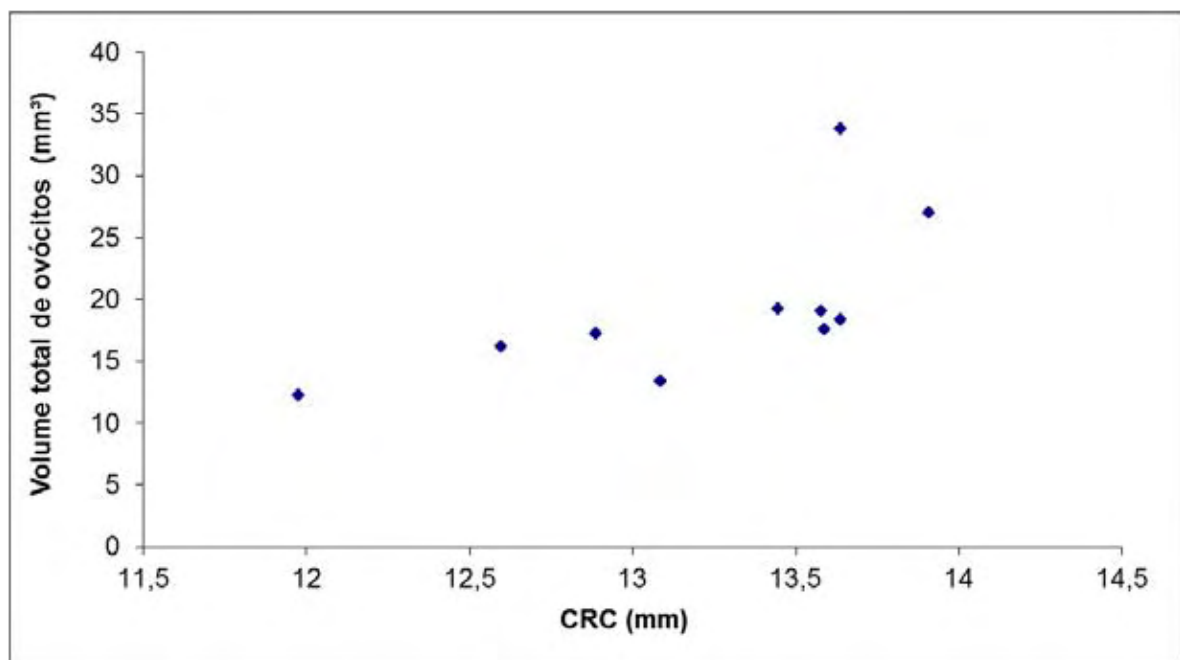


Figura 5 – Gráfico de dispersão de pontos entre o comprimento rosto-cloacal de fêmeas de *Brachycephalus pitanga* e o volume total dos óvulos. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo

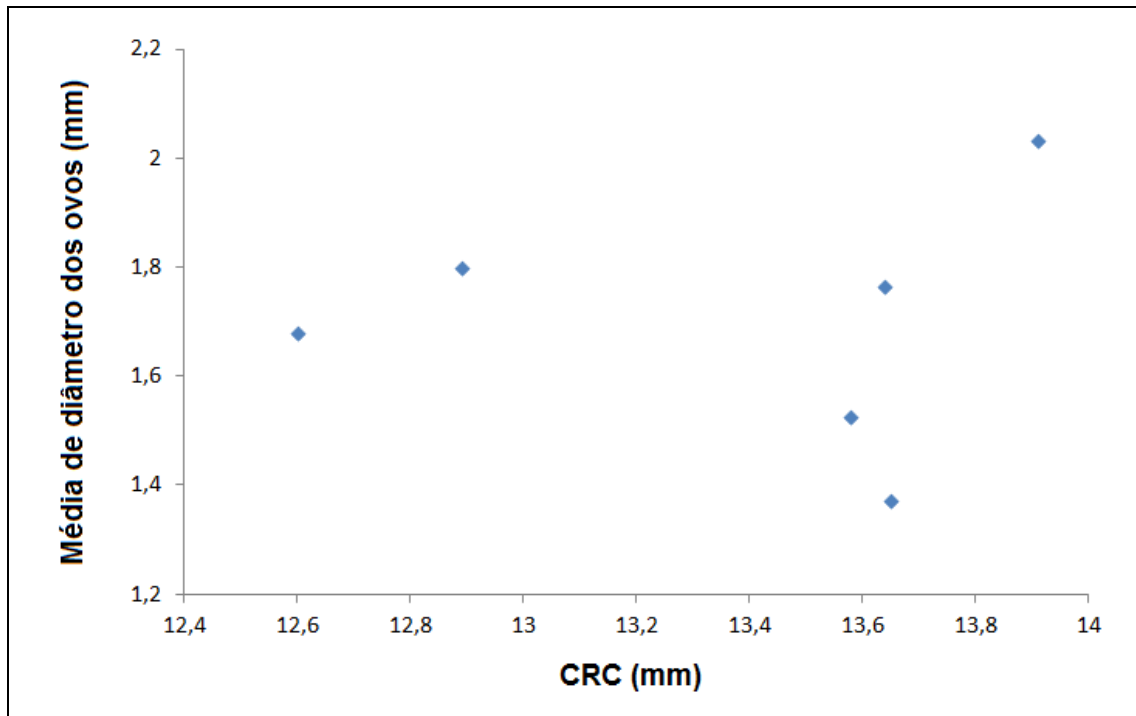


Figura 6 - Gráfico de dispersão de pontos entre o comprimento rostro-cloacal de fêmeas de *Brachycephalus pitanga* e a média do diâmetro dos óvulos. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo

3.3. Comportamento de corte

Em 15 de dezembro de 2011, quando a umidade relativa do ar estava próxima de 100%, foram encontrados dois casais em amplexo. Os casais foram encontrados às 14h25 e 15h00 respectivamente. Ambos foram acompanhados (cada um por um observador) e mostraram-se bastante arredios quando observados. O casal “a” se separou quando o observador se aproximou, mas o macho voltou a vocalizar sob a serapilheira (onde também estava a fêmea) e quando os dois voltaram a ficar expostos estavam amplexados. O casal “b” também se separou com a chegada do observador, mas voltou a se amplexar às 18h20 e a formação do amplexo foi acompanhada. A fêmea aproximou-se do macho vocalizante e ficou em um ponto mais alto que ele; o macho a acompanhou e ficou próximo emitindo um canto de menor duração que o canto de anúncio (não gravado); em seguida o macho aproximou-se por trás da fêmea, deu um toque com a pata dianteira na pata traseira dela e eles entraram em amplexo.

O amplexo foi do tipo inguinal (Fig. 7) e o casal locomovia-se por cima da serapilheira, sendo que o macho não tentou mudar a posição do amplexo em nenhum momento. O macho do casal “a” foi visto vocalizando durante o amplexo. Quando as observações foram encerradas o casal “a” estava abrigado sob as raízes de uma árvore e o “b” se encontrava exposto.

Os casais permaneceram estáticos por um tempo de até 30 minutos quando o observador chegou a menos de 2 metros de distância. Às 19h30, quando já estava escuro, não foi possível mais observá-los. O casal “b” foi ainda encontrado às 7h50 do dia seguinte e reconhecido pelo padrão de coloração do dorso, mas entrou sob a serapilheira e não foi mais visto.

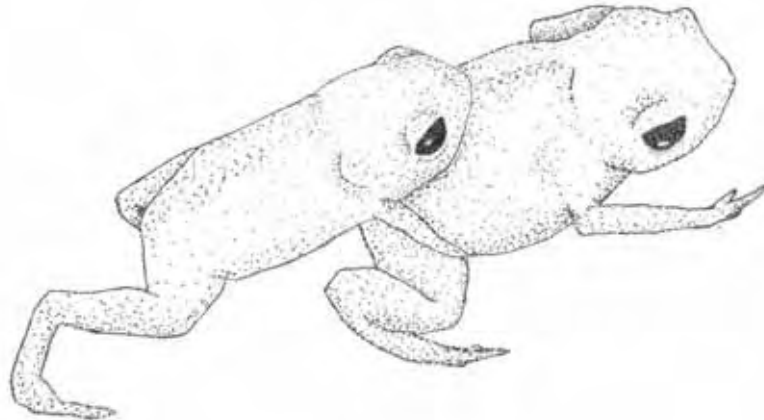


Figura 7 - Representação de casal de *Brachycephalus pitanga* em amplexo inguinal. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

3.4. Padrões temporais de atividade

Indivíduos de *Brachycephalus pitanga* foram observados em atividade apenas durante o dia. O horário de início das atividades ocorreu por volta das 6h20 e o término do turno diário se deu por volta das 19h20.

A figura 8 mostra a relação entre o mês de amostragem e a média do número de machos vocalizando nos três horários do dia em que foi feita a contagem. Nota-se que a atividade dos indivíduos começa a diminuir já no mês de fevereiro e volta a aumentar no mês de setembro, quando começam as primeiras chuvas. O pico de atividade se deu no mês de novembro, quando o número de indivíduos vocalizando no período da manhã ao longo dos 400 metros de trilha amostrados chegou a 81. Não foi encontrada uma relação significativa entre o número de indivíduos vocalizando e a temperatura (correlação de Spearman; $r= 0,19$; $p= 0,34$; $N= 27$), nem entre o número de indivíduos vocalizando e a umidade relativa do ar ($r= 0,30$; $p= 0,12$; $N= 27$).

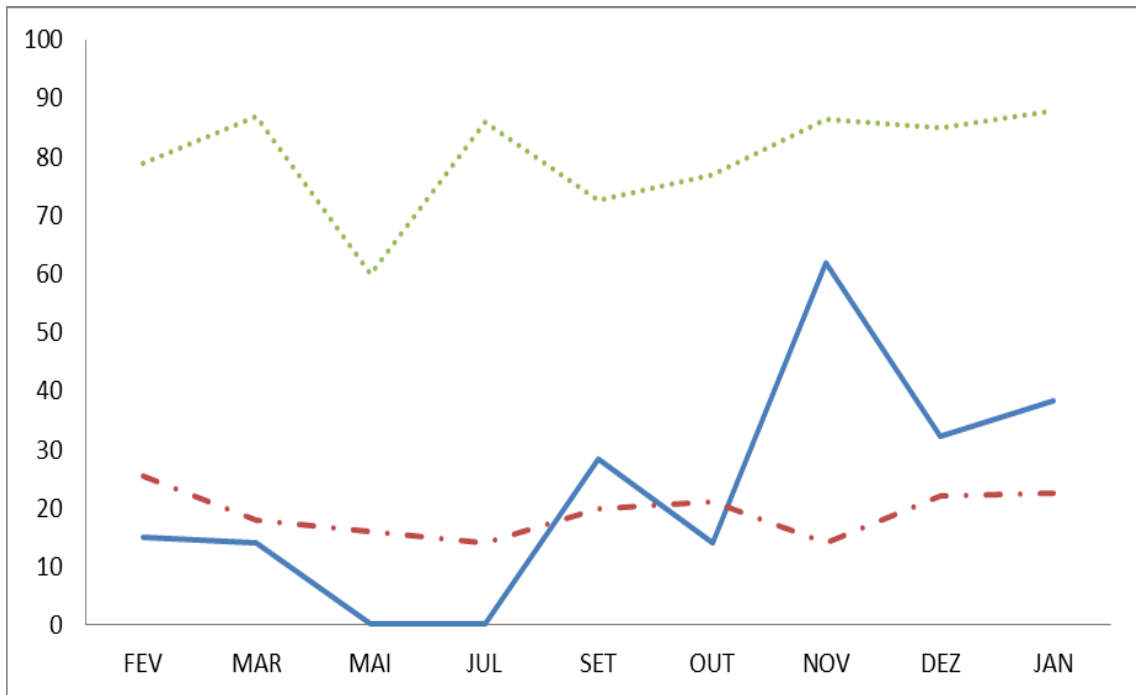


Figura 8 – Relação entre o mês e a temperatura (em graus Celsius, linha tracejada), umidade relativa do ar (em porcentagem, linha pontilhada) e média do número de indivíduos de *Brachycephalus pitanga* vocalizando ao longo de 400 metros de trilha (linha contínua). Os dados referem-se aos anos de 2011 e 2012. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

3.5. Densidade e utilização de habitat

O valor de densidade considerando os três ambientes foi de $1,31 \pm 0,79$ (0,0 – 2,88) ind/m², sendo que no ambiente de mata preservada foi de $1,2 \pm 1,25$ (0,16 – 2,88) ind/m²; na plantação de eucaliptos, $1,28 \pm 0,81$ (0,0 – 2,08) ind/m²; na mata secundária, $1,41 \pm 0,54$ (0,8 – 2,4) ind/m².

Observamos uma correlação marginalmente significativa entre a profundidade do folhicho e o número de indivíduos encontrados ($p=0,06$; $R^2= 0,21$; $n= 17$; Figura 9). Não foi testada a relação entre o número de indivíduos e a temperatura e umidade, pois os dados foram coletados em dias e horários distintos.

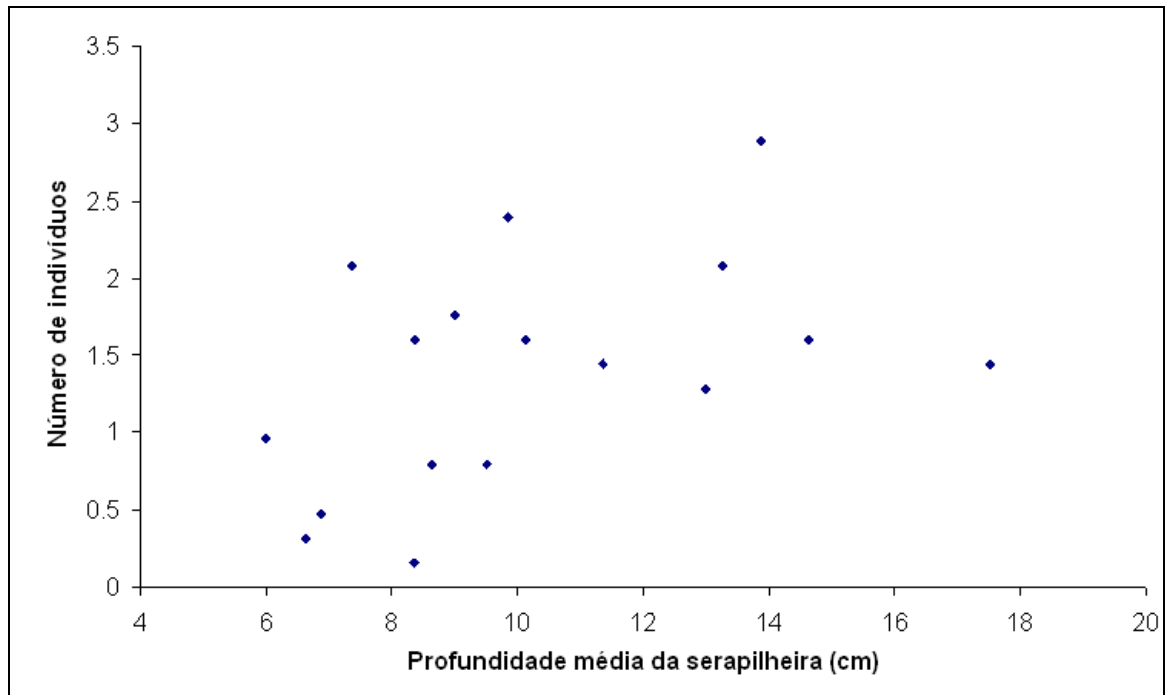


Figura 9 – Gráfico de dispersão de pontos entre a média de profundidade da serapilheira e o número de indivíduos de *Brachycephalus pitanga* encontrados por metro quadrado, considerando-se todas as trilhas amostradas. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

3.6. Relação com predadores

Quando o observador aproximava-se de indivíduos de *B. pitanga*, esses exibiam uma série de comportamentos que foram interpretados como defensivos e estão descritos a seguir.

Permanecer parado: quando o observador se aproximava do indivíduo, esse permanecia parado por um tempo que podia ir de poucos segundos a mais de meia hora. Esse comportamento era menos observado em dias com alta atividade dos animais e foi registrado até mesmo para um casal em amplexo.

Entrar sob a serapilheira: quando o observador continuava a se aproximar os indivíduos abrigavam-se sob o folhicho ou fugiam, inclusive saltando.

Saltar: por terem um hábito cursorial, indivíduos raramente eram visto saltando sem que estivessem sob algum tipo de estresse. Assim, eles saltavam quando o observador chegava muito próximo. O retorno ao solo nem sempre ocorria corretamente e não raras vezes os indivíduos caíam com o ventre para cima.

Tanatose: observada quando os indivíduos eram manipulados, embora não tenha ocorrido em todas as ocasiões.

Abrir a boca (Figura 10): quando manipulados, os indivíduos de *Brachycephalus pitanga* podiam exibir um comportamento de abrir a boca. Em uma ocasião, um indivíduo foi encontrado realizando esse comportamento, sendo que foi visualizado a uma distância

considerada grande demais para que o observador tenha causado o estresse (mais de quatro metros). Não foi encontrado nenhum possível predador próximo ao indivíduo e ele permaneceu com a boca aberta por aproximadamente 30 minutos.

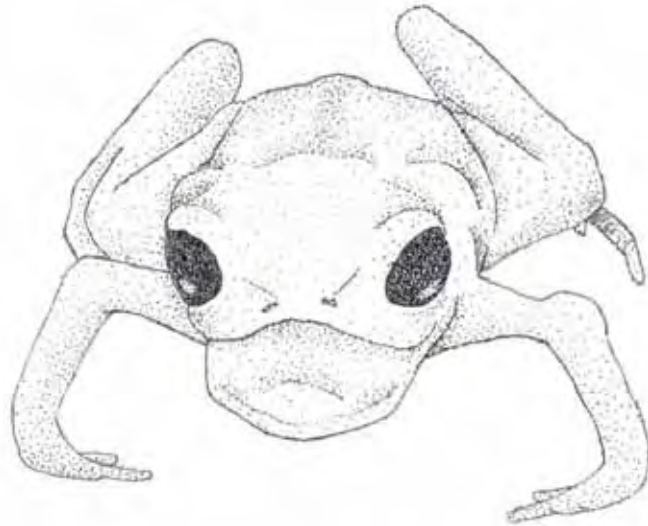


Figura 10- Representação de indivíduo de *Brachycephalus pitanga* com a boca aberta, provavelmente em resposta a um estresse causado pela presença do observador. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo.

No mês de novembro de 2011 foi encontrado e registrado através de filmagem um macho de *Brachycephalus pitanga* sendo atacado por um opilião (Aracnida Opiliones). O ataque durou 25 segundos e depois de 60 segundos o indivíduo de *B. pitanga* voltou a vocalizar, o que leva a supor que não houve danos ao animal.

Outro possível indício de predação foi registrado em janeiro de 2012, quando um indivíduo de *B. pitanga* foi encontrado com duas injúrias, onde o músculo ficou exposto (Figura 11). Devido ao formato e tipo de injúria, estas podem ter sido causadas por uma ave.



Figura 11 – *Brachycephalus pitanga* com duas injúrias e com o músculo exposto, na região cefálica e escapular. Possivelmente um indício de tentativa de predação. Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, São Paulo. Foto: E. G. Oliveira.

4. DISCUSSÃO

4.1. Característica dos indivíduos adultos e dimorfismo sexual

Devido ao tamanho diminuto e à redução no número de dedos e artelhos funcionais, espécimes de *Brachycephalus* não podem ser individualizados da maneira como isso é comumente feito para outros anuros, através de marcação por amputação de falanges (procedimento descrito em DONNELLY et al., 1994). Em *Brachycephalus pitanga*, há um bom potencial de uso dos padrões dorsais de coloração. Embora os padrões mais comuns confundam-se, alguns indivíduos possuíam um padrão dorsal bem característico, o que permitiu que fossem individualizados durante observações naturalísticas.

A presença de polimorfismo nos padrões de coloração em *B. pitanga* pode estar associada à idade dos indivíduos, com os indivíduos mais jovens exibindo coloração mais críptica, como observado por Alves et al. (2009). Pode estar ainda associada à defesa, como constatado por Toledo e Haddad (2009) para espécies dos gêneros *Eleutherodactylus* e *Ischnocnema* em que os inúmeros padrões podem acrescentar vantagens à camuflagem já existente, na medida em que prejudica a formação de uma imagem de busca pelo predador.

Os dados de média de CRC concordam com as medidas obtidas por Alves et al. (2009), embora tenhamos observado uma maior amplitude de variação, provavelmente porque foram medidos mais indivíduos e ao longo de todo o ano.

Assim como Alves et al. (2009), também observamos a ocorrência de dimorfismo sexual em tamanho, com as fêmeas sendo maior que os machos, padrão que repete-se nas outras espécies de *Brachycephalus* já estudadas (e.g. POMBAL et al., 1994; ALMEIDA-SANTOS et al., 2011; DORIGO et al., 2012).

4.2. Fecundidade

Dados de fecundidade para espécies do gênero *Brachycephalus* são escassos. Pombal (1999) encontrou para *Brachycephalus ephippium* uma média de cinco ovos, a mesma que obtivemos para *Brachycephalus pitanga*. Fêmeas de outras duas espécies - *Brachycephalus ferruginus* e *B. didactylus* - possuem três ovos (ALVES et al., 2006; ALMEIDA-SANTOS et al., 2011). Desovas pequenas com ovos grandes são características de anuros pertencentes ao grupo Terrarana (HEDGES, 2008), incluindo espécies de *Brachycephalus* (e.g. POMBAL et al., 1994, POMBAL, 1999; Alves et al., 2006, POMBAL E GASPARINI, 2006; ALMEIDA-SANTOS et al., 2011).

Assim como encontrado pra *Brachycephalus pitanga*, *Brachycephalus didactylus* possui ovócitos em diferentes estágios de maturação ao mesmo tempo (ALMEIDA-SANTOS et al., 2011). Dados de evidências diretas sobre o número de desovas de uma mesma fêmea por estação reprodutiva são escassos na literatura (e.g. BASTOS E HADDAD, 1996), entretanto, pode-se supor que isso ocorra quando óvulos em diferentes estágios de maturação são encontrados no oviduto da fêmea (IZECKSOHN, 1971).

O diâmetro dos ovócitos de *B. pitanga* é semelhante ao encontrado por Almeida-Santos et al. (2011) em *B. didactylus* (0,7 a 2,9 mm) e consideravelmente menor que o tamanho dos ovos encontrados por Pombal et al. (1994) em *B. ephippium* (5,1 a 5,3 mm). Tal diferença poderia ser atribuída ao fato de que em *B. ephippium* foram medidos os ovos encontrados na serapilheira, o que pode ter acarretado aumento de volume pela absorção de água do ambiente (ALTIG E MCDIARMID, 2007).

Considerando as relações de tamanho-fecundidade, Almeida-Santos et al. (2011) também não encontraram uma correlação entre o tamanho da fêmea e o número dos ovócitos em *Brachycephalus didactylus*. Por outro lado, a correlação entre o diâmetro dos ovos e o CRC das fêmeas é positiva em *B. didactylus*.

4.3. Comportamento de corte

O único comportamento de corte conhecido para o gênero *Brachycephalus* é o de *B. ephippium* (POMBAL, 1994). Segundo o autor, o casal permanece em amplexo inguinal caminhando até encontrar um local de desova adequado, quando o macho passa para o amplexo cefálico e ocorre a desova. O amplexo inguinal permite que o casal possa se locomover pela serapilheira, uma vez que outros tipos de amplexo dificultariam essa locomoção. Nossas observações para *Brachycephalus pitanga* nos levam a supor que o comportamento de desova seja semelhante ao descrito por Pombal (1998) para *Brachycephalus ephippium*, embora em *Brachycephalus pitanga* o amplexo possa durar mais de 12 horas, como observado para um dos casais no presente trabalho.

A duração do amplexo pode sofrer influência da densidade de machos no local e da proporção de machos em relação às fêmeas. Na maioria das espécies, ele pode durar de alguns minutos até poucas horas ou dias (WELLS 2007), chegando a meses em alguns casos conhecidos (e.g. CRUMP, 1988; CHEN et al., 2012), sendo que uma das funções da longa duração da interação entre machos e fêmeas pode ser estimular a ovulação (BOURNE et al., 2001).

Vários estudos têm mostrado uma mudança na estrutura e duração dos cantos dos machos para torná-los mais atrativos para as fêmeas (e.g. KLUMP E GERHARDT 1987; MARTINS E HADDAD 1988; OWEN E TUCKER 2006). Na formação de amplexo acompanhada no presente trabalho, a vocalização utilizada pelo macho para atrair novamente a fêmea não foi gravada, mas aparentemente possuía estrutura semelhante à dos cantos de anúncio gravados (ver descrições dos cantos no Capítulo 1).

4.4. Padrões temporais de atividade

Comparando o período de atividade diuturna de *B. pitanga* com o de *B. ephippium*, vemos que o horário de início do turno de vocalização ocorre mais cedo para *B. ephippium*, enquanto o de término é semelhante ao encontrado para esta espécie por Pombal (1992).

Assim como observado no presente estudo, *B. pernix*, *B. toby*, *B. ferruginus*, *B. pombali*, *B. guarani*, *B. tridactylus*, *B. alipioi*, *B. izecksohni*, *B. hermogenesii* são ativos de dia (POMBAL et al., 1998; RIBEIRO et al., 2005; ALVES et al., 2006; POMBAL E GASPARINI, 2006; VERDADE et al., 2008; Haddad et al., 2010; Clemente-Carvalho et al., 2012; GAREY et al., 2012). Já *B. didactylus* é ativo predominantemente de noite (ROCHA et al., 2001) e *B. margaritatus* é ativo tanto a noite como de dia (POMBAL E IZECKSOHN, 2011). A maioria das espécies de anuros é ativa durante a noite, o que possui várias vantagens

como evitar a dessecação e fugir de predadores visualmente orientados (DUELLMAN E TRUEB, 1986). As espécies do gênero *Brachycephalus*, por sua vez, evitam a dessecação habitando o folhígio úmido das florestas e, na sua maioria, possuem coloração aposemática associada a toxinas na pele, o que garante certa proteção contra predadores.

A temperatura e a umidade relativa do ar no local de estudo apresentaram pouca variação ao longo do ano e não foram correlacionadas ao número de indivíduos de *B. pitanga* ativos, diferindo do padrão encontrado por Pombal et al. (1994) para *B. ephippium*, cuja atividade foi relacionada à umidade relativa do ar.

4.5. Densidade populacional e utilização de habitat

Indivíduos de *Brachycephalus pitanga* foram observados em densidades semelhantes nos três tipos de vegetação amostrados, indicando que a presença de um microhabitat adequado tem mais influência sobre sua ocorrência do que a qualidade da mata em que se encontra. O valor médio de densidade populacional – 1,37 ind/m² - foi menor que o observado para a espécie por Alves et al. (2009) - 1,48 ind/m². Esses valores estão acima dos encontrados para outra espécie do gênero. *Brachycephalus dydactylus* não ultrapassa 0,04 ind/m² (ALMEIDA-SANTOS et al., 2011) e *Brachycephalus pernix* ocorre em densidades de 5 ind/m² em média (WISTUBA, 1998). O maior e o menor valor de densidade para *B. pitanga* – respectivamente, 2,88 ind/m² e 0,16 ind/m² - foram encontrados em uma área de mata bem conservada. Embora não tenha sido feita uma medição, na área de mata bem conservada era nítido que os indivíduos concentravam-se em pequenos espaços; já nas áreas de plantio de eucaliptos e mata secundária, as manchas de ocorrência eram bem mais extensas.

Nossos dados mostram uma relação entre o número de indivíduos e a profundidade da serapilheira. Segundo Fauth et al. (1989) e Van Sluys et al. (2007), a profundidade do serapilheira pode influenciar na abundância de uma espécie, uma vez que oferece uma gama de microhabitats, refúgio contra predadores, artrópodos para alimentação e – no caso de anuros com oviposição terrestre - condições adequadas para reprodução. Essa influência já foi constatada no trabalho de Fauth et al. (1989), sendo que a profundidade da serapilheira afetou tanto a riqueza da herpetofauna quanto suas respectivas abundâncias. Essa relação não foi observada para *Brachycephalus didactylus* (ROCHA et al., 2001; VAN SLUYS et al., 2007), única espécie do gênero para a qual se têm essas informações publicadas.

Os dados de densidade de *B. pitanga* em mata bem conservada, que apresentou a maior e a menor densidade, juntamente com as observações sobre a distribuição desta

espécie, podem ajudar a compreender os valores de densidade encontrados. Estes valores provavelmente refletem a heterogeneidade ambiental, uma vez que nela são encontrados locais nos quais *Brachycephalus pitanga* não ocorre, como cursos d'água e suas adjacências e lamaçais feitos por mamíferos. Tais locais não foram encontrados nos outros ambientes amostrados, o que explicaria uma distribuição mais homogênea da espécie na mata secundária e na plantação de eucalipto.

4.6. Relação com predadores

Os comportamentos de saltar e permanecer parado já foram registrados para *Brachycephalus pernix* (WISTUBA, 1998); tanatose foi registrada para *B. pernix* (WISTUBA, 1998) e *B. brunneus* (RIBEIRO et al., 2005).

Wistuba (1998) discute a locomoção em *Brachycephalus pernix*, indicando que o pouco uso dos saltos pela espécie pode estar associado à economia de energia, uma vez que o salto não se mostrou um meio eficaz de locomoção. O mesmo parece ser verdade para *Brachycephalus pitanga*, que também termina muitas vezes os saltos retornando ao solo com o ventre para cima. Assim, em *B. pitanga* saltar parece ser uma estratégia de defesa (embora também ocorra em situações de fuga em interações agonísticas intraespecíficas – ver capítulo sobre comportamento social), como é visto comumente em outras espécies de anuros (DUELLMAN E TRUEB, 1986). Além da fuga, *B. pitanga* parece se utilizar de outras estratégias como fingir-se de morto ou permanecer parado, numa tentativa de passar despercebido por um predador orientado visualmente.

Embora a espécie provavelmente possua toxinas na pele e, assim como a maioria dos *Brachycephalus*, seja considerada aposemática, sua coloração também permite que os indivíduos permaneçam camuflados. Assim, é possível que *B. pitanga* utilize-se das duas estratégias – aposematismo e camuflagem – o que poderia protegê-los de um maior número de predadores.

O comportamento de abrir a boca já havia sido registrado para *Brachycephalus pitanga* por Alves et al. (2009), sendo que os autores o explicaram como sendo uma resposta a um estresse causado por um predador (no caso, os pesquisadores) e o mesmo acontece com outras espécies de *Brachycephalus* (C. F. B. Haddad, comunicação pessoal). Para *Brachycephalus ephippium*, entretanto, Pombal et al. (1994) observou machos da espécie realizando essa sinalização para indivíduos coespecíficos. Nossas observações indicam que esse comportamento é utilizado em resposta a um predador em potencial, mas não exclui a possibilidade de ele estar envolvido em interações intraespecíficas.

Em compilação de Toledo (2005), foram encontradas 68 espécies de anuros predadas por invertebrados, das quais 13 possuem toxinas. Os invertebrados que as predaram pertenciam a quatro diferentes ordens, sendo que Opiliones não foi registrada. Foi encontrada apenas uma referência de predação de anuros por opiliões (CASTANHO E ROCHA, 2004). Os dois eventos relatados no trabalho foram observados em uma área de Mata Atlântica no estado de São Paulo e referiam-se ao gênero *Neosadocus* (Opiliones) e os anuros predados eram provavelmente *Hypsiboas bischoffi*, espécie que não é conhecida por possuir toxinas na pele.

Embora anuros sejam presas frequentes de aves (e.g. POULIN et al., 2001), são conhecidas para várias espécies do gênero *Brachycephalus* uma série de toxinas relacionadas à tetradotoxina (PIRES et al., 2002; PIRES et al., 2003), o que os tornaria tóxicos. Para *Brachycephalus pitanga*, há apenas a suposição de que as toxinas também estejam presentes na pele, uma vez que nenhuma análise da pele foi feita até o momento. Registros de predação de *Brachycephalus ephippium*, que comprovadamente possui toxinas na pele, foram feitos por Carvalho (1940). As espécies de aves que predaram *B. ephippium* foram *Tinamus solitarius* (macuco) e *Penelope superciliaris* (jacupemba), ambas de grande porte (1200 a 1800 g e 1500 g respectivamente, segundo SICK, 1997), o que supostamente as impediu de sofrerem um envenenamento sério.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-SANTOS, M., C. C. SIQUEIRA, M. VAN SLUYS, C. F. D. ROCHA. 2011. Ecology of the Brazilian flea frog *Brachycephalus didactylus* (Terrarana: Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 45, n. 2, p. 251-255.

ALTIG, R., R. Y. MCDIARMID. 2007. Morphological diversity and evolution of egg and clutch structure in amphibians. **Herpetological Monographs**, v. 21, p. 1-32.

ALVES, A. C. R., L. F. RIBEIRO, C. F. B. HADDAD, AND S. F. REIS. 2006. Two new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Forest in Paraná state, southern Brazil. **Herpetologica**, v. 62, p. 221-233.

ALVES, A. C. R., R. J. SAWAYA, S. F. REIS, C. F. B. HADDAD. 2009. New Species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Rain Forest in São Paulo State. **Journal of Herpetology**, v. 43, p. 212-219.

BASTOS, R. P., C. F. B. HADDAD. 1996. Breeding activity of the Neotropical treefrog *Hyla elegans* (Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**, v. 30, n. 3, p. 355-360.

BOURNE, G. R., A. C. COLLINS, A. M. HOLDER, C. L. MCCARTHY. 2001. Vocal communication and reproductive behavior of the frog *Colostethus beebei* in Guyana. **Journal of Herpetology**, v. 35, p. 272-281.

CALLERY E., H. FANG, R. P. ELINSON. 2001. Frogs without polliwogs: evolution of anuran direct development. **BioEssays**, v. 23, n. 233–241.

CARVALHO, A. L., 1940. Observações sobre casos de batracofagia entre aves. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 35, n. 3, p. 575-576.

CASTANHO, L. M., R. P. ROCHA. 2005. Harvestmen (Opiliones, Gonyleptidae) preying on treefrogs (Anura: Hylidae). **Revista Ibérica de Aracnología**, v. 11, p. 43-45.

CHEN, W., L. ZHANG, X. LU. 2012. Pairs during hibernation in a temperate frog: an unusual male mating strategy among anurans. **Journal of Ethology**, v. 30, p. 15–21.

CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G., J. KLACZKO, S. I. PEREZ, A. C. R. ALVES, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2011. Molecular phylogenetic relationships and phenotypic diversity in miniaturized toadlets, genus *Brachycephalus* (Amphibia: Anura: Brachycephalidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 61, p. 79–89.

CRUMP, M. L. 1988. Aggression in harlequin frogs: Male-male competition and a possible conflict of interest between the sexes. **Animal Behavior**, v. 36, p. 1064-1077.

DONNELLY, M. A., C. GUYER, J. E. JUTERBOCK, R. A. ALFORD. 1994. Techniques for marking amphibians. In: Heyer, W. R.; Donnelly, M. A.; McDiarmid, R. W.; Hayek, L. A. C.; Foster, M. S. **Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians**. Washington and London: Smithsonian institution press, p. 277-284.

DORIGO, T. A., C. C. SIQUEIRA, D. VRCIBRADIC, T. MAIA-CARNEIRO, M. ALMEIDA-SANTOS, C. F. D. ROCHA. 2012. Ecological aspects of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus garbeanus* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Neobatrachia: Brachycephalidae), in a highland forest of southeastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 46, n. 39–40, p. 2497–2507.

DUELLMAN, W. E., L. TRUEB. 1986. **Biology of amphibians**. McGraw-Hill, New York.

EDMUNDS, M. 1974. **Defence in animals: A survey of anti-predator defences**. New York. Longman. 356 p.

FAUTH, J. E., B. I. CROTHER, J. B. SLOWINSKI. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. **Biotropica**, v. 21, p. 178-185.

GAREY, M.V., A. M. X. LIMA, M. T. HARTMANN, C. F. B. HADDAD. 2012. A new species of miniaturized toadlet, genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from southern Brazil. **Herpetologica**, v. 68, p. 266-271.

GRIFFITHS R. A., MYLOTTE, V. J. 1987. Microhabitat selection and feeding relations of smooth and warty newts, *Triturus vulgaris* and *T. cristatus*, at an upland pool in Mid-Wales. **Holarctic Ecology**, v. 10, n. 1, p. 1-7.

HADDAD, C. F. B., A. C. R. ALVES, R. B.G. CLEMENTE-CARVALHO, S. F. REIS. 2010. A new species of *Brachycephalus* from the Atlantic rain forest in São Paulo state, southeastern Brazil (Amphibia: Anura: Brachycephalidae). **Copeia**, v. 2010, p. 410–420.

HALLIDAY, T. R., M. TEJEDO. 1995. Intrasexual selection and alternative mating behaviour. In H. Heatwole and B. Sullivan (eds). **Amphibian biology**, Vol. 3 Social Behaviour. Surrey Beatty and Sons. Sydney.

HANKEN, J., D. B. WAKE. 1993. Miniaturization of body size: Organismal consequences and evolutionary significance. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 501-519.

HEDGES, S. B. 1988. A new diminutive frog from Hispaniola (Leptodactylidae: *Eleutherodactylus*). **Copeia**, v. 1988, n. 3, p. 636-641.

HEDGES, S. B., DUELLMAN, W. E., HEINICKE, M. P. 2008. New world direct-developing frogs (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. **Zootaxa**, v. 1737, p. 1-182.

HEINICKE, M. P., W. E. DUELLMAN, L. TRUEB, D. B. MEANS, R. D. MACCULLOCH, AND S. B. HEDGES. 2009. A new frog family (Anura: Terrarana) from South America and an expanded direct-developing clade revealed by molecular phylogeny. **Zootaxa**, v. 2009, p. 1–35.

HOWARD, R. D. 1981. Sexual dimorphism in bullfrogs. **Ecology**, v. 62, p. 303-310.

IZECKSOHN, E. 1971. Novo gênero e nova espécie de Brachycephalidae do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Boletim do Museu Nacional (Zoologia)**, v. 280, p. 1–12.

KLUMP, G. M., H. C. GERHARDT. 1987. Use of non-arbitrary acoustic criteria in mate choice by female gray tree frogs. **Nature**, v. 326, p. 286–88.

LEHNER, P. N., 1987. Design and execution of animal behavior research: An overview. **Jornal of Animal Science**, v. 65, p. 1213-1219.

MARTINS, M., C. F. B. HADDAD. 1988. Vocalizations and reproductive behaviour in the smith frog, *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 9, p. 49–60.

OWEN, P. C., J. K. TUCKER. 2006. Courtship calls and behavior in two species of chorus frogs, genus *Pseudacris* (Anura: Hylidae). **Copeia**, v. 2006, p. 137–44.

PIRES, O. R. JR., A. SEBEN, E. F. SCHWARTZ, S. W. R. LARGURA, C. BLOCH JR., C. A. SCHWARTZ. 2002. Occurrence of tetrodotoxin (TTX) and its analogues in the Brazilian frog *Brachycephalus ephippium* (Anura: Brachycephalidae). **Toxicon**, v. 40, p. 761–766.

PIRES, O. R. JR., SEBEN, A., SCHWARTZ, E. F., LARGURA, S. W. R., BLOCH, C. JR., MORALES, R. A. V., SCHWARTZ, C. A. 2003. The occurrence of 11-oxotetrodotoxin, a rare tetrodotoxin analogue, in the brachycephalidae frog *Brachycephalus ephippium*. **Toxicon**, v. 42, p. 563–566.

POMBAL, J. P., JR., 1992. História natural de *Brachycephalus ephippium* (Anura, Brachycephalidae), na região de Campinas, estado de São Paulo. Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Zoologia).

POMBAL JR., J. P., I. SAZIMA, C. F. B. HADDAD. 1994. Breeding behavior of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus ephippium* (Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 28, n. 4, p. 516-519.

POMBAL, J. P., JR., J. L. GASPARINI. 2006. A new *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Rainforest of Espírito Santo, southeastern Brazil. **South American Journal Herpetology**, v. 1, p. 87–93.

POMBAL, J. P., JR., 1999. Oviposição e desenvolvimento de *Brachycephalus ephippium* (Spix) (Anura, Brachycephalidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 4, p. 967 – 976.

POMBAL JR. JP, E. IZECKSOHN. 2011. Uma nova espécie de *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) do estado do Rio de Janeiro. **Papéis Avulsos Zoologia** (São Paulo), v. 51, n. 443–451.

POULIN, B., G. LEFEBVRE, R. IBÁÑEZ, C. JARAMILLO, C. HERNÁNDEZ, A. S. RAND. 2001. Avian predation upon lizards and anurans in a Neotropical forest understorey. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 21-40.

RIBEIRO, L. F., A. C. R. ALVES, C. F. B. HADDAD, S. F. REIS. 2005. Two new species of *Brachycephalus* from Parana State, southern Brazil (Anura, Brachycephalidae). **Boletim Museu Nacional Zoologia**, v. 519, p. 1–18.

ROCHA, C. F. D., VAN SLUYS, M., ALVES, M. A. S., BERGALLO, H. G., VRCIBRADIC, D. 2001. Estimates of forest floor litter frog communities: a comparison of two methods. **Austral Ecology**, v. 26, p. 14-21.

SHINE, R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the Amphibia. **Copeia**, v. 1979, n. 2, p. 297-306.

SICK, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**: Edição revista e ampliada por José Fernando Pacheco. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

TOLEDO, L. F. 2005. Predation of juvenile and adult anurans by invertebrates: Current knowledge and perspectives. **Herpetological Review**, v. 36, p. 395–400.

TOLEDO, L. F., C. F. B. HADDAD, C.F.B., 2009. Colors and some morphological traits as defensive mechanisms in anurans. **International Journal of Zoology**, v. 2009, p. 1–12.

TOLEDO, L. F., R. S. RIBEIRO, C. F. B. HADDAD. 2007. Anurans as prey: An exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. **Journal of Zoology**, v. 271, p. 170–177.

VAN SLUYS, M., D. VRCIBRADIC, M. A. S. ALVES, H. G. BERGALLO, C. F. D. ROCHA. 2007. Ecological parameters of the leaf-litter frog community of an Atlantic rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro state, Brazil. **Austral Ecology**, v. 32, p. 254–260.

VERDADE, V. K., M. T. RODRIGUES, J. CASSIMIRO, D. PAVAN, M. LIOU, M. C. LANGE. 2008. Advertisement call, vocal activity, and geographic distribution of *Brachycephalus hermogenesi* (Giaretta and Sawaya, 1998) (Anura, Brachycephalidae). **Journal of Herpetology**, v. 42, n. 3, p. 542–549.

WELLS, K. D., 2007. **The ecology & behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Ltd., London.

WISTUBA, E. M. 1998. História natural de *Brachycephalus pernix* Pombal Jr., Wistuba; Bornschein, 1998 (Anura) no Morro Anhangava, município de Quatro Barras, Estado do Paraná. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

YEH, J. 2002. The effect of miniaturized body size on skeletal morphology in frogs. **Evolution**, v. 56, p. 628–641.

ZAR, J. H. 1996. **Biostatistical analysis**. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

ZUG, G.R. 1993. **Herpetology**, Academic Press, San Diego.