UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA COMPARADA

Bernardo Franco da Veiga Teixeira

Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *D. microcephalus* (Anura, Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais

RIBEIRÃO PRETO - SP

2018

BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA

Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *D. microcephalus* (Anura, Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais

Versão original

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Biologia Comparada.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Giaretta

RIBEIRÃO PRETO - SP

2018

Não autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para quaisquer fins, mesmo que citada a fonte.

Ficha catalográfica

Teixeira, Bernardo Franco da Veiga

Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *D. microcephalus* (Anura: Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais, 2018.

196 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Biologia Comparada.

Orientador: Giaretta, Ariovaldo Antonio.

1. Anura. 2. Bioacústica. 3. Taxonomia integrativa. 4. Comunicação animal. 5. Biodiversidade 6. Região Neotropical. 7. Hylidae

Nome: Bernardo Franco da Veiga Teixeira

Título: Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *D. microcephalus* (Anura: Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais.

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto da USP, como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Ciências, área: BIOLOGIA COMPARADA.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Ariovaldo A. Giaretta que me inspirou como biólogo, pela grande contribuição à minha formação profissional e pelo grande envolvimento na coleta e análise de dados.

Aos colegas de trabalho, Dr. Lucas B. Martins, Dr. Thiago Ribeiro de Carvalho, MSc Davi Lee Bang, Felipe S. Andrade e Dra. Kátia G. Facure, pela amizade, colaboração, tempo despendido durante os períodos de coleta de dados em campo e sugestões ao longo desse processo. Aos parceiros Dra. Luciana B. Lourenço, Karin Seger e Martin Jansen que contribuíram com análises exploratórias envolvendo material genético das espécies estudadas. Agradeço ao Igor J. Roberto e Eduardo Campos por disponibilizarem gravações e fotos de espécimes.

Aos meus pais, pela compreensão e apoio incondicionais. À minha mulher, Márcia Carolina, por me proporcionar apoio e tranquilidade no desenvolvimento de meus estudos.

Aos professores do programa de pós-graduação em Biologia Comparada, pela grande contribuição à minha formação profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado e bolsa do programa sanduíche (PDSE). Ao programa de pós-graduação em Biologia Comparada pelos auxílios financeiros para trabalhos de campo e participação em congressos. Apoios financeiros pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPQ) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

RESUMO

Teixeira, B. F. da V. (2018). Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *Dendropsophus microcephalus* (Anura, Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo.

Na tese, tendo os anuros do grupo de *Dendropsophus microcephalus* como modelo, analisamos o canto de anúncio e a morfologia de populações e espécies do grupo, buscando aumentar o conhecimento sobre essas espécies, em um contexto de taxonomia integrativa. No primeiro capítulo, “Revisão taxonômica de *Dendropsophus nanus* e *D. walfordi*”, buscamos avaliar taxonomicamente a validade de *D. walfordi* em relação a *D. nanus*, uma vez que essas espécies vêm sendo alvo discussões taxonômicas devidos às semelhanças morfológicas e falta de dados acústicos para elucidação dessa questão. Nossas análises mostram que os cantos de *D. nanus* e *D. walfordi* são distintos e que *D. walfordi* deve permanecer como uma espécie válida. No segundo capítulo, “Revisão acústica das espécies grupo de *Dendropsophus decipiens* com o reconhecimento de uma nova espécie da Mata Atlântica”, nós revisamos a morfologia e o canto de anúncio de *D. decipiens*, *D. haddadi*, *D. oliveirai* e *D. berthaltutzae*, e caracterizamos uma população do município de Sooretama, estado do Espírito Santo, que representa uma espécie ainda não descrita. Essa última pode ser facilmente diagnosticada das outras quatro espécies mais proximamente relacionadas a partir de seu canto de anúncio com padrão de emissão de notas completamente diferente de todas as outras espécies do grupo de *D. microcephalus*. No terceiro capítulo, “Canto de anúncio de três espécies de *Dendropsophus* sem grupo de espécies definido: *D. tintinnabulum*, *D. haraldschultzi* e *D. leali*” o objetivo é caracterizar acusticamente essas três espécies, colaborando para o detalhamento acústico delas. Nós também detalhamos a morfologia de *D. tintinnabulum* e *D. leali* a fim determinar a qual grupo essas duas espécies devem ser incluídas. Nossos resultados demonstram que *D. tintinnabulum* compartilha mais características com o grupo de *D. microcephalus*, que *D. haraldschultzi* apresenta padrão de coloração e morfologia que não permitem, nesse momento, alocar essa espécie em nenhum dos grupos de *Dendropsophus* e que *D. leali* compartilha características de canto e morfologia com as espécies do grupo de *D. minutus*. E por fim, no quarto capítulo, nós desenvolvemos uma análise acústica detalhada de 21 espécies do grupo de *D. microcephalus*. Para algumas dessas espécies nós apresentamos dados de mais de uma população. O objetivo é apresentar caracterizações

acústicas de populações e espécies do grupo de *D. microcephalus* que ocorrem no Brasil avaliando padrões zoogeográficos, variações intraespecíficas e identidades taxonômicas. Nossas avaliações sugerem que *D. rhea* é sinônimo júnior de *D. jimi* uma vez que as variações presentes nas populações envolvidas nesse estudo não apresentam caracteres que permitam diagnoses entre essas espécies. Verificamos de *D. cruzi* apresenta uma grande variação na frequência dominante de seu canto de anúncio, o que representa uma variação ainda não reportada no grupo de *D. microcephalus*, mas a caracterização morfológica não permite a diferenciação dessas populações, demonstrando que mais estudos, principalmente envolvendo análises genéticas, são necessários para o entendimento taxonômico dessas populações. Nossos resultados para todas as espécies e populações analisadas representam estudo um abrangente do grupo de *D. microcephalus* em contexto de taxonomia integrativa.

Palavras-chave: Anura. Bioacústica. Biodiversidade. Grupo de *Dendropsophus microcephalus*. Taxonomia.

ABSTRACT

Teixeira, B. F. da V. (2018). Acoustic characterization of population and species of *Dendropsophus* of the *Dendropsophus microcephalus* Group: taxonomic and zoogeographic implications. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo.

In this thesis, having the *Dendropsophus microcephalus* group anurans as a biological model, we analyzed the advertisement calls and morphology of populations and species of this group, seeking for increase the knowledge about those species, in integrative taxonomic context. In the first chapter, "Taxonomic review of *Dendropsophus nanus* and *D. walfordi*", we evaluated the validity of *D. walfordi* in relation to *D. nanus*, once those species are frequently subject of taxonomic doubts questioning the *D. walfordi* synonymy in relation to *D. nanus* due to the great morphological similarity and lack of conclusive data related to the advertisement calls of these species. In the second chapter, "Acoustic and morphological evaluation of the *Dendropsophus decipiens* Group with the recognition of a new species from Atlantic Forest", we reviewed the morphology and the advertisement calls of *D. decipiens*, *D. haddadi*, *D. oliveirai* and *D. berthaltutzae*, and we characterized a population from the municipality of Sooretama, state of Espírito Santo, which represents a species not yet described. The latter can be easily diagnosed of the four other closely related species from its call with a completely different pattern of emission of note from all other species in the *D. microcephalus* group. In the third chapter, "Advertisement call of three species of *Dendropsophus* with species group undefined: *D. tintinnabulum*, *D. haraldschultzi* e *D. leali*" the purpose is characterize the call and morphology of those species in order to determine wich group of *Dendropsophus* those species should be included. Our results demonstrated that *D. tintinnabulum* shares more traits with the species of of the *D. microcephalus* Group, that *D. haraldschultzi* shows pattern of coloration and morphology that do not allow us, at that moment, to allocate this species in any of the groups of *Dendropsophus* and that *D. leali* shares characteristics of call and morphology with the species of the *D. minutus* Group. And finally, in the fourth chapter, we developed a detailed acoustic analysis of 21 species of the of *D. microcephalus* Group. For some of these species we present data from more than one population. The aim is to present acoustic characterizations of populations and species of the *D.*

microcephalus Group that occur in Brazil evaluating zoogeographic patterns, intraspecific variations and taxonomic identities. Our evaluations suggest that *D. rhea* is a junior synonym of *D. jimi* since the variations present in the populations involved in this study do not present characters that allow diagnoses between those species. We verified that *D. cruzi* presents a great variation in the dominant frequency of its call, which represents a variation not yet reported in the *D. microcephalus* Group, but the morphological characterization does not allow the differentiation of those populations, demonstrating that more studies, mainly involving genetic analyzes, are necessary for the taxonomic understanding of these populations. Our results for all species and populations analyzed represent a comprehensive study of the *D. microcephalus* Group in the context of integrative taxonomy.

Keywords: Anura. Bioacoustics. Biodiversity. *Dendropsophus microcephalus* group. Taxonomy.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVO.....	16
CAPÍTULO 1.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVOS.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 RESULTADOS.....	22
4.1 Cantos de anúncio.....	22
4.2 Morfologia externa.....	30
5 DISCUSSÃO.....	39
6 CONCLUSÕES.....	42
CAPÍTULO 2.....	43
1 INTRODUÇÃO.....	44
2 OBJETIVOS.....	46
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4 RESULTADOS.....	48
4.1 Cantos de anúncio.....	48
4.1.1 <i>Dendropsophus berthalutzae</i>	48
4.1.2 <i>Dendropsophus decipiens</i>	48
4.1.3 <i>Dendropsophus haddadi</i>	49
4.1.4 <i>Dendropsophus oliveirai</i>	49
4.2 Caracterização morfológica dos espécimes analisados.....	56
4.2.1 <i>Dendropsophus berthalutzae</i>	56
4.2.2 <i>Dendropsophus decipiens</i>	56
4.2.3 <i>Dendropsophus oliveirai</i>	58
4.2.4 <i>Dendropsophus haddadi</i>	58
4.3 Caracterização taxonômica.....	62
5 DISCUSSÃO.....	71

6 CONCLUSÕES.....	73
CAPÍTULO 3.....	74
1 INTRODUÇÃO.....	75
2 OBJETIVOS.....	76
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	77
4 RESULTADOS.....	79
4.1 <i>Dendropsophus tintinnabulum</i>.....	79
4.2 <i>Dendropsophus haraldschultzi</i>.....	84
4.3 <i>Dendropsophus leali</i>.....	86
5 DISCUSSÃO.....	93
6 CONCLUSÕES.....	95
CAPÍTULO 4.....	96
1 INTRODUÇÃO.....	97
2 OBJETIVOS.....	99
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	100
4 RESULTADOS.....	102
4.1 <i>Dendropsophus araguaya</i>.....	103
4.2 <i>Dendropsophus cerradensis</i>.....	103
4.3 <i>Dendropsophus jimi</i>.....	104
4.4 <i>Dendropsophus rhea</i>.....	105
4.5 <i>Dendropsophus tritaeniatus</i>.....	106
4.6 Comparações entre os cantos <i>D. araguaya</i>, <i>D. cerradensis</i>, <i>D. jimi</i>, <i>D. rhea</i> e <i>D. tritaeniatus</i>.....	107
4.7 <i>Dendropsophus rubicundulus</i>.....	109
4.8 <i>Dendropsophus elianeae</i>.....	112
4.9 Comparações entre os cantos de <i>D. elianeae</i> e <i>D. rubicundulus</i>.....	115
4.10 <i>Dendropsophus anataliasiasi</i>.....	116
4.11 <i>Dendropsophus cachimbo</i>.....	117
4.12 <i>Dendropsophus bipunctatus</i>.....	117
4.13 <i>Dendropsophus branneri</i>.....	120
4.14 <i>Dendropsophus cruzi</i>.....	122

4.15	Comparações entre os cantos de diferentes populações de <i>D. cruzi</i>	126
4.16	Comparações entre os cantos de <i>D. branneri</i> e <i>D. cruzi</i>	128
4.17	<i>Dendropsophus meridianus</i>	128
4.18	<i>Dendropsophus cf. microcephalus</i>	131
4.19	<i>Dendropsophus minusculus</i>	132
4.20	<i>Dendropsophus pseudomeridianus</i>	135
4.21	<i>Dendropsophus rhodopeplus</i>	135
4.22	<i>Dendropsophus sanborni</i>	137
4.23	<i>Dendropsophus werneri</i>	139
4.24	<i>Dendropsophus studerae</i>	142
4.25	<i>Dendropsophus aff. cruzi</i>	143
5	DISCUSSÃO	147
6	CONCLUSÕES	153
	REFERÊNCIAS	154
	APÊNDICE A - Lista de espécimes analisados	160
	ANEXO A – Artigo em que descrevemos o canto de <i>Dendropsophus tritaeniatatus</i> de Chapada dos Guimarães (MT)	163
	ANEXO B – Artigo em que descrevemos o canto de anúncio das populações topotípicas de <i>D. rubicundulus</i>, <i>D. cachimbo</i> e <i>D. anataliasiasi</i> e discutimos aspectos taxonômicos que envolvem essas espécies e outras proximamente relacionadas	167
	ANEXO C – Artigo no qual descrevemos o canto de anúncio e canto de coorte de <i>D. nanus</i> da localidade tipo (Resistencia AR)	179
	ANEXO D – Artigo no qual descrevemos o canto de anúncio de <i>D. tintinnabulum</i> de São Gabriel da Cachoeira e discutimos sua relação com as espécies do grupo de <i>D. microcephalus</i>	183
	ANEXO E – Publicações adicionais, não diretamente relacionadas ao tema da tese	191

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

Vários grupos de animais compartilham a capacidade de emitir sinais sonoros em contextos de interação social. No grupo Anura as vocalizações ocorrem principalmente em contextos reprodutivos e territoriais. As vocalizações são produzidas principalmente pelos machos. Os cantos de anúncio (*sensu* Duellman e Trueb 1994), principal tipo de emissão nesse grupo, têm a função de atrair as fêmeas e sinalizar a ocupação de um território pelos machos (Duellman e Trueb 1994; Gerhardt e Ruber 2002; Wells 2007).

Entre os Anura, em geral, o canto de anúncio, é um atributo único de cada espécie, tendo, portanto, importância no reconhecimento específico (Duellman e Trueb 1994; Searcy e Anderson 1986; Gerhardt e Ruber 2002) atuando como fator pré-zigótico de isolamento reprodutivo e tendo papel potencial em eventos de especiação (Blair 1958; Martof 1961; Duellman e Trueb 1994; Searcy e Anderson 1986; Ryan et al. 1990; Ryan e Rand 1993). A importância do canto de anúncio como mecanismo de isolamento reprodutivo foi extensivamente documentado na literatura (Blair 1955, 1958; Fouquette 1960; Littlejohn 1965) e o estudo desse tipo de vocalização tem contribuído na determinação da identidade das espécies (e. g. Kwe, 2007; Angulo e Reichle 2008; Padial et al. 2008; Carvalho e Giaretta 2013). Além da importância taxonômica, as emissões sonoras de anuros representam base de dados potenciais em estudos comparativos, como, por exemplo, no entendimento de padrões e processos evolutivos em diferentes níveis taxonômicos e mesmo como dados adicionais e em testes a posteriori da robustez de topologias (Cocroft e Ryan 1995; Erdtmann e Amézquita 2009).

Como presentemente definido, o gênero *Dendropsophus* Fitzinger atualmente compreende mais de 100 espécies distribuídas do sul da Argentina/Uruguai ao sul do México, que estão divididas essencialmente em nove grupos (Frost 2018, Faivovich 2005): *Dendropsophus* do grupo de *D. gr. columbianus*, *D. gr. garagoensis*, *D. gr. labialis*, *D. gr. leucophyllatus*, *D. gr. marmoratus*, *D. gr. microcephalus*, *D. gr. minimus*, *D. gr. minutus* e *D. gr. parviceps* (Faivovich 2005). O grupo de *D. microcephalus* é formado por aproximadamente 40 espécies (Frost 2018) que se distribuem do sul do México até a Argentina. Esse grupo foi originalmente definido em bases morfológicas por Duellman e Fouquette (1968) e, posteriormente, seu monofiletismo foi corroborado através de dados moleculares (Faivovich et al. 2005; Pyron e Wiens 2011), mas a posição filogenética de alguns subgrupos constituintes ainda é controversa (Pyron e Wiens 2011; Fouquet et al. 2011; Medeiros et al. 2013).

Algumas propostas filogenéticas envolvendo espécies do grupo de *D. microcephalus* estão disponíveis (Pyron e Wiens, 2011; Medeiros et al. 2013), mas muitas espécies ainda apresentam relações pouco definidas ou incertas. A maioria das espécies desse grupo teve seu canto de anúncio descrito. Apesar da falta de uma revisão acústica para o grupo pode-se reconhecer um padrão geral para as variáveis estruturais, temporais e espectrais. Alguns padrões de emissão de notas parecem existir: i) cantos compostos por apenas um tipo de nota emitidas isoladamente ou em sequências, como encontrado em: *D. bipunctatus* (Abrunhosa et. al., 2001), *D. branneri* (Nunes et. al., 2007), *D. cachimbo* (Teixeira e Giaretta 2015); *D. cruzi* (Pombal Jr. e Bastos, 1998), *D. haddadi* (Ruas et. al., 2012), *D. jimi* (Martins e Jim, 2004), *D. minusculus* (Tárano et. al., 2010), *D. oliveirai* (Santana et. al., 2011), *D. rechlei* (Moravec et al., 2008), *D. rubicundulus* (Cardoso e Vielliard 1985; Teixeira e Giaretta 2015), *D. sanborni* (Martins e Jim 2003), *D. tritaeniatus* (Teixeira; Zaracho e Giaretta 2013), *D. wernerii* (Lingnau e Bastos 2003) e *D. shiwiarum* (Ortega-Andrade et. al. 2013); ii) canto composto por apenas um tipo de nota emitida apenas isoladamente, como em: *D. pseudomeridianus* (Caram 2014); e iii) cantos compostos de uma nota longa seguida por uma sequência de notas curtas, como em: *D. anataliasiasi* (Teixeira e Giaretta 2015), *D. gryllatus* (Duellman, 1973), *D. juliani* (Moravec et. al., 2006); *D. joanae* (Köhler e Lötters, 2001), *D. microcephalus* (Duellman, 1970), *D. nanus* (Martins e Jim, 2003), *D. phlebodes* (Schwartz e Wells, 1984), *D. rhodopeplus* (Duellman, 1972), *D. robertmertensi* (Duellman 1970) e *D. sartori* (Duellman 1970).

2 OBJETIVOS

Nessa tese, buscamos no primeiro capítulo avaliar taxonomicamente a validade de *D. walfordi* em relação a *D. nanus*, uma vez que essas espécies vêm sendo alvo discussões taxonômicas devidos às semelhanças morfológicas e falta de dados acústicos para elucidação dessa questão. No segundo capítulo revisamos a morfologia e bioacústica das quatro espécies que compõem o subgrupo de *D. decipiens* e reconhecemos como não descrita uma espécie proximamente relacionada ao subgrupo mencionado. O objetivo do terceiro capítulo é caracterizar acusticamente *D. tintinnabulum*, *D. haraldschultzi* e *D. leali*, colaborando para o detalhamento acústico dessas espécies. Também detalhamos a morfologia de *D. tintinnabulum* e *D. leali* a fim determinar a qual grupo essas duas espécies devem ser incluídas. Por fim, no quarto capítulo, nós avaliamos acústicamente todas as outras espécies do grupo de *D. microcephalus* que ocorrem no território brasileiro e foram coletadas por nós. Nesse capítulo, objetivamos contribuir com a taxonomia do grupo avaliando a eventual existência de diversidade críptica (riqueza de espécies) de populações e espécies mal definidas.

CAPÍTULO 1

Revisão taxonômica de *Dendropsophus nanus* (Boulenger 1888) e *D. walfordi*
(Bokermann 1962) (Anura, Hylidae)

1 INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Dendropsophus* estão distribuídas pela região neotropical e são reconhecidas por apresentarem grande diversidade de formas no grupo dos Anura. O grupo de *D. microcephalus* representa um grande desafio taxonômico devido à alta similaridade entre algumas espécies, variação morfológica intraespecífica e pouco conhecimento a cerca de várias espécies, fatores que muitas vezes impede a diagnose morfológica entre algumas espécies quando se analisa uma série de poucos indivíduos ou espécimes preservados há muito tempo.

Dendropsophus nanus foi descrito por Boulenger (1889) de Resistência, Argentina. Tem distribuição é conhecida para Brasil, Suriname, Guiana Francesa, Bolívia, Argentina e Paraguai (Frost 2018). Apesar de sua ampla distribuição, poucas populações dessa espécie são bem caracterizadas morfológicamente na literatura (CeI 1980; Langone e Basso 1995). Breves descrições do canto de anúncio dessa espécie foram fornecidas por Barrio (1967), Basso, Peri e diTada (1985) e Marquez, De la Riva e Bosch. (1993). Mais recentemente, Martins e Jim (2003) reconhecem que o canto de *D. nanus* é composto por dois tipos de notas que diferem em duração e número de pulsos. O canto da população topotípicas foi descrito por Teixeira, Zaracho e Giaretta (2016), apresentando valores semelhantes aos de Martins e Jim (2003) para variáveis temporais e espctrais. *Dendropsophus walfordi* foi descrito por Bokermann (1962) do município de Costa Marques, estado de Rondônia e tem distribuição conhecida para a bacia amazônica (Frost 2018), mas dados morfológicos só são conhecidos para a localidade tipo.

Estudos genéticos envolvendo espécies do grupo de *D. microcephalus* apresentaram a parafilia de *D. nanus* em relação a *D. walfordi* (Medeiros et al. 2013; Fouquet et al. 2014). Lutz (1973) considerou essas espécies sinônimas e Langone e Basso (1987) reconheceram que as duas espécies podem apresentar mesmo padrão de coloração dorsal.

2 OBJETIVOS

Nesse capítulo os objetivos são:

- a) avaliar a validade de *D. walfordi* em relação a *D. nanus* usando análises morfológicas e acústicas em um contexto de taxonomia integrativa;
- b) descrever o canto de anúncio de *D. walfordi* da localidade tipo e outras cinco localidades além de apresentar dados morfológicos/morfométricos para todas as populações analisadas;
- c) descrever o canto de anúncio e caracterizar morfológica/morfométricamente nove populações de *D. nanus* distribuídas pelo Brasil e da localidade tipo (Argentina).

5 DISCUSSÃO

Os valores aqui apresentados para o canto de anúncio de *D. nanus* estão de acordo com os descritos por Martins e Jim (2003) para uma população do Município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Embora Basso et al. (1985) (cantos da Argentina) e Marquez et al. (1993) (cantos da Bolívia) não reconheceram dois tipos diferentes de notas no canto de *D. nanus*, os valores apresentados por nós englobam os apresentados por esses autores para características espectrais e temporais.

Aqui descrevemos, pela primeira vez, o canto de anúncio de *D. walfordi* da localidade de tipo. De la Riva, Marquez e Bosch (1997) apresentaram uma descrição do canto de *D. walfordi* da Bolívia (próximo ao Rio Guaporé) como sendo composto por uma nota curta (duração média de 38 ms) (*D. walfordi* de Costa Marques = 16 ms) formada por cinco pulsos em média (de 4 a 7 pulsos) e frequência dominante variando de 3.400-4.400 Hz. Os valores apresentados por esses autores para duração das notas são mais compatíveis com os valores apresentados aqui para *D. nanus*. Isso poderia representar uma variação populacional no canto de *D. walfordi* (considerando a proximidade entre as localidades), ou que essa população poderia na verdade representar *D. nanus* e os autores não reconheceram os dois tipos de notas no canto, como em Basso, Peri e diTada (1985) e Marquez, De la Riva e Bosch. (1993) para populações de *D. nanus* da Bolívia.

Os cantos de anúncio de *D. nanus* e *D. walfordi* são claramente diferentes no que diz respeito às diferenças no envelope dos pulsos das notas do canto. O canto de *D. nanus* apresenta diferença entre os envelopes de pulsos (formato dos pulsos) das notas “A” e “B”. Em *D. walfordi* não existe diferença entre os envelopes das notas longas ou curtas. Por esse motivo decidimos não classificar esse canto como sendo composto por dois tipos de notas, como em *D. nanus*. As diferenças entre notas “A” e “B” em *D. nanus* são claramente reconhecíveis ao ouvido humano, assim como é reconhecível a diferença entre os cantos de *D. nanus* e *D. walfordi*. Ao ouvido humano o canto de *D. walfordi* é muito similar ao de *D. rubicundulus* (Reinhardt e Lütken 1862), espécie que possui canto composto por apenas um tipo de nota (Teixeira e Giaretta 2015).

Cantos compostos por um tipo de nota, mas com a presença de notas longa e curtas, como descritas aqui para *D. walfordi*, foram apresentados anteriormente para *D. joannae* (Köhler & Lötters, 2001) e *D. juliani* (Moravec et al. 2006). No grupo de *D. microcephalus*, outras sete espécies têm seus cantos de anúncio descritos como compostos de dois tipos de notas (A e B): *D. anataliasiasi* (Teixeira & Giaretta 2015), *D. gryllatus* (Duellman 1973), *D. microcephalus*

(Duellman 1970), *D. rhodopeplus* (Duellman 1972), *D. phlebodes*, *D. robertmertensi* e *D. sartori* (Duellman 1968).

Em algumas espécies como *Afrixalus brachycnemis* Boulenger 1896, os dois componentes do canto nem sempre são produzidos em sequência. Os machos geralmente produzem apenas um componente por longos períodos de tempo (Backwell, 1988). Outras espécies possuem mais de duas notas no canto de anúncio, o que pode representar um conjunto gradual de sinais, conforme relatado por Smith & Roberts (2003) para *Litoria adelaidensis* Gray, 1841. Presumivelmente, cantos com duas notas e cantos graduais evoluíram a partir de um canto simples (com um tipo de nota) mais de uma vez e em diferentes grupos por oferecem vantagens adicionais na comunicação. Em alguns casos (Littlejohn e Harrison 1985; Narins & Capranica 1978), o macho é capaz de modificar seletivamente a frequência de emissão dos diferentes tipos de notas em diferentes contextos sociais (Arak 1983), a fim de maximizar a eficiência na comunicação (Backwell 1988).

Narins e Capranica (1978) e Littlejohn e Harris (1985) demonstraram que os cantos de *Eleutherodactylus coqui* Tomas, 1966 e *Geocrinia victoriana* (Boulenger, 1888), compostos por dois tipos de notas, transmitem mensagens separadas para machos e fêmeas. Enquanto a primeira nota do canto transmite mensagens para os machos, a segunda nota transmite mensagens para as fêmeas. Experiências semelhantes nunca foram realizadas para testar a funções dos dois tipos de notas em espécies do grupo de *D. microcephalus*. No entanto, vários experimentos foram realizados para avaliar as interações acústicas intra e interespecíficas entre as espécies sintópicas *D. ebraccatus* (Cope, 1974), *D. microcephalus* (Cope, 1886) e *D. phlebodes* (Stejneger, 1906) (Schwartz e Wells, 1984a, b, Schwartz, 1987, Wells e Schwartz 1984, Wells e Greer 1981). Os resultados demonstraram que machos isolados emitem notas longas introdutórias, quando em coro (em interações intra e interespecíficas), os machos acrescentaram notas secundárias e/ou agressivas ao canto como resposta às interações entre machos. As fêmeas preferem cantos complexos (compostos por dois tipos de notas) em vez daqueles compostos apenas por notas introdutórias, mesmo que esses cantos complexos sejam compostos de notas agressivas seguidas por notas secundárias (Schwartz e Wells, 1984a, b, Wells e Schwartz, 1984, Schwartz 1987). Wells e Greer (1981) sugerem que a nota introdutória provavelmente tem função principal de atração das fêmeas em *D. ebraccatus*.

O canto de corte emitido pelos machos de *D. nanus* (Teixeira, Zaracho e Giaretta 2016) é

composto por notas semelhantes às notas A do canto de anúncio, concordando com a afirmação de que as notas introdutórias (notas A) provavelmente tem função principal de atração das fêmeas para *D. ebraccatus* (Wells e Greer 1981).

6 CONCLUSÕES

Nossos resultados apresentam que não existem caracteres morfológicos diagnósticos entre *D. nanus* e *D. walfordi*, mas que essas espécies possuem cantos de anúncio distintos. Baseado nas claras diferenças acústicas entre os cantos de *D. nanus* e *D. walfordi*, nós consideramos *D. walfordi* como espécie plena. Baseado na distribuição dos espécimes analisados aqui, nós restringimos a distribuição de *D. nanus* para formações de áreas abertas na América do Sul (ex. Cerrado e Chaco) e *D. walfordi* para áreas da bacia amazônicas.

CAPÍTULO 2

Revisão acústica das espécies grupo de *Dendropsophus decipiens* (Anura, Hylidae) com o reconhecimento de uma nova espécie da Mata Atlântica

1 INTRODUÇÃO

O grupo de *Dendropsophus microcephalus* (Faivovich et al. 2005) abriga cerca de 40 espécies distribuídas pela América do Sul e Central (Frost 2018). As semelhanças entre *D. berthalutzae*, *D. oliveirai*, *D. decipiens* e *D. haddadi* fez com que essas espécies fossem historicamente reunidas no subgrupo fenético de *D. decipiens* cujo monofiletismo, porém, nunca foi testado. Análises moleculares posicionam *D. berthalutzae* no grupo de *D. microcephalus* (Faivovich et al. 2005). Adultos de *D. decipiens* (Lutz 1925), *D. haddadi* (Bastos e Pombal 1996) e *D. oliveirai* (Bokermann 1963) compartilham semelhanças na morfologia, coloração e canto de anúncio (Bokermann 1963; Bastos e Pombal 1996; Santana; Mesquita; Guarda, 2011; Ruas et al. 2012). *Dendropsophus berthalutzae* (Bokermann 1962), *D. oliveirai* e *D. decipiens* tem girinos parecidos em padrão de coloração, formato do corpo e morfologia bucal (Pugliese et al. 2000). Essas quatro espécies parecem também compartilhar o hábito de oviposição em folhas penduradas sobre corpos d'água (Faivovich et al. 2005).

D. berthalutzae é descrito de Paranapiacaba, município de Santo André, estado de São Paulo e tem distribuição conhecida para áreas de Mata Atlântica nos estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. *D. decipiens* é descrito do estado do Rio de Janeiro e tem distribuição que se estende para o norte pela costa brasileira até o estado de Pernambuco. *Dendropsophus oliveirai* foi descrito de Maracás na Bahia e tem distribuição também conhecida para Paraíba e Rio Grande do Norte. *D. haddadi* foi descrito de Conceição da Barra no Espírito Santo e tem distribuição conhecida pela costa do nordeste até o estado do Pernambuco (Frost 2018, Santana et al 2011).

Todas as espécies do grupo de *D. decipiens* possuem cantos de anúncio descritos em literatura (Santana; Mesquita; Guarda, 2011; Ruas et al. 2012, Forti, Mendes e Bertoluci 2012, Moura, Lacerda e Feio 2012). *Dendropsophus berthalutzae* tem duas descrições de canto, ambas publicadas em 2012. Forti, Martins e Bertoluci (2012) descrevem o canto como sendo composto por um tipo de nota pulsada. Moura, Lacerda e Feio (2012) descrevem o canto de *D. berthalutzae* como composto por dois tipos de notas. Nós coletamos cantos e espécimes de *D. berthalutzae* de três localidades (incluindo a localidade tipo - Paranapiacaba, Santo André, São Paulo) a fim de melhor compreender o repertório vocal dessa espécie.

Nesse capítulo, também apresentamos dados acústicos de *D. oliveirai* da localidade tipo (Maracás, BA), de *D. decipiens* de Duas Barras (RJ) e de *D. haddadi* do município de Santa

Teresa (parte da série tipo de *D. haddadi* é dessa localidade) e comparamos nossos dados com descrições anteriores. Por fim, descrevemos uma espécie de *Dendropsophus* do Espírito Santo que apresenta morfologia e padrão de coloração semelhante aos de *D. decipiens*, *D. haddadi* e *D. oliveirai*, mas com canto de anúncio único dentro do grupo de *D. microcephalus*.

2 OBJETIVOS

Os objetivos desse capítulo são: 1) com base em novos dados originais descrever os cantos de anúncio de *D. berthaltzae*, *D. oliveirai*, *D. decipiens* e *D. haddadi* e revisar suas caracterizações da literatura, além apresentar dados morfológicos/morfométricos e de coloração inéditos sobre essas espécies; 2) definir a identidade taxonômica de uma população de *Dendropsophus* do Espírito Santo que se assemelha a *D. oliveirai*, *D. decipiens* e *D. haddadi* em morfologia e coloração, porém difere em canto.

5 DISCUSSÃO

O canto de anúncio de *Dendropsophus berthalutzae* apresentado aqui engloba os valores apresentados para variáveis temporais e espectrais das duas descrições anteriores (Forti et al. 2012; Moura et al 2012). Forti et al. (2012) descreveram o canto de *D. berthalutzae* de cinco localidades, incluindo a localidade de tipo, como sendo composto por um tipo de nota com uma ampla faixa de valores para duração da nota (10 ms a 96 ms). As notas são compostas por pulsos que variam em número de 1 a 6 e a frequência dominante está em torno de 4000 Hz. Moura et al. (2012) apresentaram o canto de *D. berthalutzae* como sendo composta por dois tipos de notas que variam em duração (nota A: 23,0-46,8 ms, média 31,8; nota B: 10,3–22,3 ms, média 15.1) e número de pulsos (nota A: 23,0–46,8, média 9,1, nota B: 2–4, média 3), mas com taxa de repetição de pulsos (nota A média: 291; nota B média: 276) e frequência dominante (em torno de 4600 Hz) semelhantes. Neste estudo Moura et al. (2012) detectaram que as notas A podem ser emitidas isoladamente, mas as notas B são emitidas apenas em série após uma nota A, como em outras espécies do grupo *D. microcephalus* (Schwartz e Wells, 1985; Köhler e Lötters 2001; Martins e Jim 2003; Teixeira e Giaretta 2015)

Os cantos de *D. berthalutzae* aqui analisados apresentaram diferentes padrões de emissão de notas entre os indivíduos. As notas podem ser emitidas em séries ou isoladas com o número de pulsos por nota variando de 1 a 5. O padrão mais comum i) apresenta a primeira nota de uma sequência com maior número de pulsos do que as suas sucessoras, as notas sucessoras era mais frequentemente compostas por apenas um pulso; ii) notas que diminuem em número de pulsos de acordo em que são emitidas; iii) sequências compostas por notas formadas por apenas um pulso, iv) notas que aumentam em número de pulsos à medida em que são emitidas; e v) uma nota de canto agressivo sempre seguido por notas compostas por apenas um pulso.

É importante notar que as notas identificadas como notas A (7 – 12 pulsos) em Moura et al. (2012) são similares às notas identificadas aqui como notas agressivas (6 – 18 pulsos), mas não apresentam diferenças nas modulações de amplitudes e taxa de repetição dos pulsos, como apresentado aqui para os cantos agressivos quando comparados com cantos de anúncio.

Os valores para variáveis temporais e espectrais apresentados aqui estão de acordo com os apresentados por Abrunhosa *et al.* (2001) para o canto de *D. decipiens* da localidade de Saquarema (RJ). Esses autores não apresentam o padrão de notas emitidas em sequências que aumentam em número de pulsos, padrão muito evidente nas nossas gravações. Essa é a primeira

vez que esse padrão é descrito para espécies do grupo de *D. microcephalus*, notando que ele também está presente em *Dendropsophus* sp. nov..

O canto de anúncio de *D. haddadi* aqui descrito é essencialmente igual ao apresentado por Ruas et al (2012) para duas populações do interior da Bahia, com diferenças apenas no intervalo em que as notas em sequências são emitidas. Ruas et al (2012) cita que as notas emitidas em sequências são separadas por intervalos de $33,7 \pm 18,01$ s (12,2–84,45, N = 48), nossos intervalos entre notas em sequência variam de 90 a 296 ms (média 153 ms; DP = 9,9; N = 74).

O canto de *D. oliveirai* descrito por Santana et al. (2011) é essencialmente igual ao aqui apresentado. Uma diferença entre as duas descrições é que Santana et al. (2011) não relata a presença de intervalos entre pulsos das notas. De qualquer forma, examinando os originais daquele trabalho conclui-se que o canto descrito por eles é muito parecidos com os de topótipos de *D. oliveirai*.

Dendropsophus sp. nov. é mais similar a *D. decipiens*, *D. haddadi* e *D. oliveirai* em morfologia e padrão de coloração, sendo algumas vezes difícil diferenciar essa espécie a partir de uma série com poucos indivíduos ou espécimes preservados devido a grande variação intraespecífica. Essas espécies são facilmente diferenciadas por características do canto de anúncio, inclusive ao ouvido humano.

Aqui nós revisamos os cantos de anúncio de *D. berthaltzuae*, *D. oliveirai*, *D. decipiens* e *D. haddadi* e apresentamos características inéditas para esses cantos. Também apresentamos dados morfológicos/morfométricos e de coloração inéditos sobre essas espécies. Demonstrando como a revisão de descrições antigas ou pouco detalhadas é importante para detalhamento das espécies. Com a descrição de *Dendropsophus* sp. nov. demonstramos mais uma vez como a taxonomia integrativa, utilizando-se de cantos de anúncios é uma ótima ferramenta para o reconhecimento de espécies ainda não descritas (Kwet 2007; Angulo e Reichl, 2008; Padial et al. 2008; Carvalho e Giaretta 2013).

6 CONCLUSÕES

Como conclusões desse capítulo, apresentamos que todas as espécies do grupo de *D. decipiens* possuem cantos de anúncio distintos uns dos outros. Os resultados apresentados aqui demonstram a grande importância da revisão dos cantos de anúncio para melhor entendimento do repertório vocal de espécimes, como demonstrado aqui para *D. berthaltutzae* e *D. decipiens*, e para o reconhecimento de espécies novas como *Dendropsophus* sp. nov..

CAPÍTULO 3

Canto de anúncio de três de espécies de *Dendropsophus* sem grupo de espécies definido: *D. tintinnabulum* (Melin 1941), *D. haraldschultzi* (Bokermann 1962) e *D. leali* (Bokermann 1964)
(Anura, Hylidae)

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Dendropsophus* compreende atualmente mais de 100 espécies (Frost 2018) divididas essencialmente em nove grupos (Faivovich et al. 2005): *D. columbianus*, *D. garagoesis*, *D. labialis*, *D. leucophyllatus*, *D. microcephalus*, *D. marmoratus*, *D. minutus* e *D. parviceps*. Dentre as mais de 100 espécies, oito não foram atribuídas a nenhum desses grupos: *Dendropsophus amicorum* (Mijares-Urrutia, 1998), *D. battersbyi* (Rivero, 1961), *D. giesleri* (Mertens, 1950), *D. grandisonae* (Goin, 1966), *D. haraldschultzi* (Bokermann, 1962), *D. stingi* (Kaplan, 1994), *D. yaracuyan* (Mijares-Urrutia and Rivero, 2000), *D. tintinnabulum* (Melin, 1941) e *D. bromeliaceus* (Ferreira, Faivovich, Beard, and Pombal, 2015).

Dendropsophus tintinnabulum é um espécie amazônica pouco conhecida e raramente reportada na literatura (Lutz 1973, Azevedo-Ramos and Galatti 2002). Nós tivemos a oportunidade de coletar essa espécie durante um trabalho de campo realizado proximamente à localidade tipo dessa espécie: Rio Uaupés, no norte do estado do Amazonas, Brasil. Aqui nós descrevemos o canto de anúncio de *D. tintinnabulum* e detalhamos a morfologia externa baseando-se em espécimes recém-coletados (dados já publicados: Teixeira e Giaretta 2016).

Dendropsophus haraldschultzi foi descrito de Santa Rita do Weill, São Paulo de Olivença, estado do Amazonas. É uma espécie com distribuição conhecida para a bacia amazônica (Missassi et al. 2017). Aqui nós apresentamos pela primeira vez a descrição do canto de anúncio dessa espécie.

Algumas espécies do gênero *Dendropsophus* possuem posição filogenética ou atribuição a grupo fenéticos duvidosa. Esse é o caso de *D. leali* (Bokermann 1964), descrito das margens do Rio Guaporé, estado de Rondônia, Brasil. Na descrição original, Bokermann apresenta a semelhança dessa espécie com o grupo de *D. minutus*. Duellman (1974) considerou *D. leali* como pertencente ao grupo de *D. leucophyllatus*, o que foi desconsiderado posteriormente por De la Riva e Duellman (1997) a partir do momento em que esses autores reconheceram que espécimes de *D. rossalleni* (Goin, 1959) foram identificados como *D. leali* em Duellman (1974). Köhler e Lötters (2001) e Faivovich et al. (2005) atribuíram putativamente essa espécie ao grupo de *D. microcephalus*. Nós coletamos espécimes e cantos de *D. leali* da localidade tipo. Nesse capítulo descrevemos pela primeira vez o canto de anúncio dessa espécie, comparamos morfologicamente com a série tipo dessa espécie e discutimos sua posição dentro dos grupos de *Dendropsophus*.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse capítulo é caracterizar acusticamente *D. tintinnabulum*, *D. haraldschultzi* e *D. leali*, colaborando para o detalhamento acústico dessas espécies. Nós também detalhamos a morfologia de *D. tintinnabulum* e *D. leali* a fim determinar a qual grupo essas duas espécies devem ser incluídas.

5 DISCUSSÃO

Características como comprimento rostro-cloacal, formato do corpo, padrões de cores, olhos grandes e proeminentes e as características do canto de anúncio de *Dendropsophus tintinnabulum* são semelhantes às aquelas encontradas em outras espécies do grupo de *D. microcephalus*. Com base nessas semelhanças e análises genéticas preliminares dessa espécie, nós tentativamente atribuímos essa espécie ao grupo de *D. microcephalus*.

Acusticamente, *Dendropsophus tintinnabulum* pode ser distinguido das outras espécies amazônicas do grupo *D. microcephalus* que possuem cantos compostos por um tipo de nota. *Dendropsophus juliani* tem frequência dominante mais baixa (3.300-4.400 Hz vs. 5.484-5.812 Hz em *D. tintinnabulum*, Moravec et al 2006). *Dendropsophus ozzyi* tem frequência dominante mais alta (9.130-10.136 Hz, Orrico et al 2014). Para as seguintes espécies, o canto pode ser diferenciado pela duração das notas: *D. reichlei* 68-112 ms (Moravec et al. 2008); 53 ms para *D. shiwiarum* (Ortega-Andrade e Ron 2013); 20-29 ms para *D. riveroi* (Marquez et al. 1993); de 60-116 ms para *D. coffea* (Kohler et al. 2005), a duração das notas em *D. tintinnabulum* variam de 10-21 ms. O canto de *D. tintinnabulum* pode ser diferenciado de *D. walfordi* pela presença de uma nota longa seguida por notas mais curtas (apenas um tipo de nota em *D. tintinnabulum*). *Dendropsophus tintinnabulum* foi descrito das margens do Rio Uaupés, nosso registro para o distrito de Cucuí, no município de São Gabriel da Cachoeira na fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela, estende em 200 km a nordeste a distribuição dessa espécie pouco conhecida.

Apesar de ser amplamente distribuídos pela bacia amazônica, com registros para Colômbia, Venezuela e os estados brasileiros do Amazonas, Pará e Amapá, *D. haraldschultzi* é uma espécie com poucos detalhes ecológicos descritos. Aqui, nós descrevemos pela primeira vez seu canto anúncio com características distintas dos cantos das espécies dos grupos de *D. leucophyllatus* (Muniz et al. 2016; Conte et al. 2010; Ohmer et al. 2009), *D. marmoratus* (Orrico et al. 2009), *D. minutus* (Morais et al. 2012), *D. columbianus* e *D. garagoensis* (Duellman e Trueb 1983). O canto de *D. haraldschultzi* é similar ao canto de *D. micros* (grupo de *D. parviceps*), mas facilmente diferenciado pelas estruturas dos pulsos nas notas e pela frequência dominante mais baixa em *D. haraldschultzi* (3.058 a 4.565 Hz) (Forti, Márquez e Bertoluci 2015; frequência dominante em *D. micros* = 4488-5452 Hz). O padrão de granulações no dorso de *D. haraldschultzi* também se assemelha ao presente em *D. micros*, mas o padrão de coloração dorsal é completamente diferente. A partir do padrão do canto de anúncio e coloração dorsal de *D.*

haraldschultzi, atualmente, é impossível determinar a qual grupo fenético essa espécie pertenceria, o que poderia ser determinado com análises filogenéticas que incluam essa espécie.

Bokermann (1964) na descrição original, cita que o canto de *D. leali* é similar ao canto de *D. nanus* (uma espécie do grupo de *D. microcephalus*), mas na verdade, o canto de *D. leali* é muito similar ao de *D. minutus* (Haddad 1987; Morais et al 2002). O canto de *D. minutus* foi descrito pela primeira vez por Haddad (1987) de uma população de Campinas, estado de São Paulo e pode ser diferenciado por frequências dominantes mais altas nas notas A, B e C (A e C = 4,6 – 4,8 kHz; B = 4,4 – 5,4 kHz) (em *D. leali* A = 3,7 – 4,2; B = 3,6 – 4,0; C = 4,0 – 4,1). Devido às semelhanças do canto, padrão morfológico e de coloração dorsal (Kohler e Lotters 2001, Martins e Cardoso 1987, Haddad 1987), nós consideramos que essa espécie deve ser considerada como pertencente ao grupo de *D. minutus*.

O histórico de erros de identificação de *D. leali* é extenso. Duellman (1974) considerou *Hyla leali* como indistinguível de *Hyla rossaleni*, que atualmente é um membro do grupo de *D. leucophyllatus* (Duellman, 1977, Faivovich et al. 2005). De la Riva e Duellman (1997) e Duellman (2005) reconheceram seus status específico independentes. Nossos dados sobre morfologia, cor e canto indicam claramente que *D. leali* não é um membro do grupo *D. leucophyllatus* (veja revisões de cantos de espécies do grupo *D. leucophyllatus* em Dias et al. (2017) e Carmier et al. (2017)

Possivelmente, inconsciente do grau de semelhança de *D. leali* com *D. minutus*, Duellman (2005) e Gehara et al. (2014) assumem uma ampla distribuição para *D. minutus*. Sugerimos que espécimes de populações da Amazônia ocidental atribuídas a *D. minutus* com (SVL acima de 20 mm), como os da Amazônia, Bolívia, Equador e Peru, podem de fato corresponder a *D. leali*.

O gênero *Dendropsophus* representa um grande desafio taxonômico devido a grande variação intraespecífica presente em algumas espécies, amostragens pequenas, espécies pouco conhecidas (algumas delas apenas pelas descrições originais) e o pouco entendimento das relações filogenéticas entre as espécies do gênero. As descrições de cantos de anúncios e revisões morfológicas de populações das localidades de tipo, como desenvolvido aqui, são especialmente importantes em contextos taxonômicos a partir do detalhamento das espécies envolvidas e auxiliam no entendimento das relações interespecíficas das espécies do gênero *Dendropsophus*.

6 CONCLUSÕES

Características morfológicas e do canto de anúncio de *Dendropsophus tintinnabulum* são semelhantes às aquelas encontradas no grupo de *D. microcephalus*. Com base nessas semelhanças e análises genéticas preliminares dessa espécie, nós tentativamente atribuímos essa espécie ao grupo de *D. microcephalus*.

A pesar das semelhanças do canto de anúncio e padrão de granulação no dorso de *D. haraldschultzi* e *D. microps*, diferenças no padrão de coloração de *D. haraldschultzi*, quando comparado com outras espécies do grupo de *D. parvices* não permitem incluir *D. haraldschultzi* nesse grupo, ou em qualquer outro grupo de espécies do gênero *Dendropsophus*.

A partir das evidentes semelhanças morfológicas, padrão de coloração e canto de anúncio de *D. leali* em relação às espécies do grupo de *D. minutus*, nós consideramos que essa espécie deve ser incluída nesse grupo.

Os resultados apresentados aqui demonstram a grande importância da descrição dos cantos de anúncio e revisões morfológicas para o melhor entendimento de relações interespecíficas de espécies com relações pouco definidas ou incertas.

CAPÍTULO 4

Caracterização acústica de populações e espécies de *Dendropsophus* do grupo de *D. microcephalus* (Anura, Hylidae): implicações taxonômicas e distribucionais

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Dendropsophus* Fitzinger atualmente compreende mais de 100 espécies distribuídas do sul da Argentina/Uruguai até o sul do México. São divididas essencialmente em nove grupos (Frost 2018; Faivovich 2005): *Dendropsophus* gr. *columbianus*, *D.* gr. *garagoensis*, *D.* gr. *labialis*, *D.* gr. *leucophyllatus*, *D.* gr. *marmoratus*, *D.* gr. *microcephalus*, *D.* gr. *minimus*, *D.* gr. *minutus* e *D.* gr. *parviceps*. O grupo de *D. microcephalus* é formado por aproximadamente 40 espécies (Frost 2018) que se distribuem do sul do México até a Argentina. Esse grupo foi originalmente definido em bases morfológicas por Duellman e Fouquette (1968) e, posteriormente, seu monofiletismo foi corroborado através de dados moleculares (Faivovich et. al. 2005; Pyron e Wiens 2011), mas a posição filogenética de várias espécies ainda é controversa (Pyron e Wiens, 2011; Fouquet et al. 2011; Medeiros et al. 2013).

O canto de anúncio em anuros tem importância no reconhecimento específico (Duellman e Trueb, 1994; Searcy e Anderson 1986; Gerhardt e Ruber 2002) por atuar como fator pré-zigótico de isolamento reprodutivo e tem papel potencial em eventos de especiação (Blair 1958; Martof 1961; Duellman e Trueb 1994; Searcy e Anderson 1986; Ryan et al. 1990; Ryan e Rand 1993). A importância do canto de anúncio como mecanismo de isolamento reprodutivo é bem documentado na literatura (Blair, 1955, 1958; Fouquette, 1960; Littlejohn, 1965) e o estudo desse tipo de vocalização tem contribuído na descrição de novas espécies (e. g. Kwet 2007; Angulo e Reichle 2008; Padial et al. 2008; Carvalho e Giaretta 2013).

No grupo de *D. microcephalus* pode-se reconhecer um padrão geral para a estrutura das notas e para variáveis temporais e espectrais. O canto de anúncio é formado por notas curtas e pulsadas emitidas isoladamente ou em sequências, com notas sem modulação de frequência. É possível reconhecer alguns padrões para tipo e emissão das notas: i) cantos compostos por um tipo de nota emitida isoladamente; ii) cantos compostos por um tipo de nota emitida isoladamente ou em sequências; iii) cantos compostos de uma nota longa seguida por uma ou mais notas curtas; e iv) canto composto por notas emitidas em sequências, onde o número de pulsos por nota aumenta à medida em que as notas são emitidas (Abrunhosa et. al. 2001; Nunes et. al. 2007; Pombal Jr. e Bastos; 1998, Ruas et. al. 2012; Martins e Jim 2003; Martins e Jim 2004; Tárano et. al. 2010; Santana et. al. 2011; Moravec et al. 2008; Cardoso e Vielliard 1985; Teixeira et al. 2013; Lingnau e Bastos 2003; Ortega-Andrade et. al. 2013; Duellman 1973; Moravec et. al.

2006; Köhler e Lötters 2001; Duellman 1970; Schwartz e Wells 1984; Duellman, 1972; ver capítulo 2 para cantos de *D. decipiens* e *D. sp. nov.*).

A maioria das espécies do grupo de *D. microcephalus* tem seu canto de anúncio descrito, mas grande parte são descrições antigas e/ou pouco detalhadas. Para as espécies com canto conhecido, os dados disponíveis são frequentemente provenientes de apenas uma localidade, o que limita o reconhecimento de eventuais variações intraespecíficas. Por outro lado, várias espécies desse grupo não têm cantos conhecidos de populações topotípicas, o que é especialmente importante para avaliações taxonômicas. Entre as espécies do grupo, *Dendropsophus araguaya* (Napoli e Caramaschi, 1998), *D. cerradensis* (Napoli e Caramaschi, 1998), *D. rhea* (Napoli e Caramaschi, 1999), *D. mathiassoni* (Cochran e Goin 1970) e *D. riveroi* (Cochran e Goin 1970) não possuem cantos descritos.

Nunca foi desenvolvido um estudo abrangente e padronizado a respeito do canto de anúncio para espécies e populações do grupo de *D. microcephalus*. Nesse capítulo são apresentadas descrições de várias espécies desse grupo, muitas de difícil diagnose morfológica, fator que muitas vezes impede a identificação de espécimes a partir de séries limitadas ou espécimes preservados.

2 OBJETIVOS

Nesse capítulo nós desenvolvemos uma análise acústica de 21 espécies do grupo de *D. microcephalus*. Para algumas dessas espécies nós apresentamos dados de mais de uma população. O objetivo é apresentar caracterizações acústicas de populações e espécies do grupo de *D. microcephalus* que ocorrem no Brasil avaliando padrões zoogeográficos, variações intraespecíficas e identidades taxonômicas.

5 DISCUSSÃO

Os cantos apresentados aqui para *D. araguaya*, *D. cerradensis* e *D. rhea* representam descrições inéditas para essas espécies. A presença de apenas um tipo de nota compondo o canto de anúncio, a grande sobreposição de valores nas variáveis temporais e espectrais não permitem o reconhecimento de caracteres acústicos diagnósticos entre as espécies do complexo de *D. tritaeniatus*: *D. araguaya*, *D. cerradensis*, *D. jimi*, *D. rhea*, *D. tritaeniatus*. Isso fica claro na Figura 6, onde o agrupamento dos indivíduos de *D. jimi* (com mais populações e indivíduos analisados) engloba os outros agrupamentos para as outras espécies do complexo de *D. tritaeniatus*. Os cantos apresentados aqui para *D. araguaya*, *D. cerradensis* e *D. rheai* representam descrições inéditas para essas espécies.

As descrições originais de *D. araguaya*, *D. cerradensis*, *D. jimi*, *D. rhea* (Napoli e Caramaschi 1998, 1999) foram baseadas em espécimes preservados e as diagnoses morfológicas entre essas espécies é baseada em padrões de linhas dorsais e formato do corpo. Os espécimes analisados por nós (inclusive a série tipo dessas espécies) apresentam grande variação para padrões de linhas dorsais e formato do corpo o não permite uma diagnose clara entre essas espécies. *Dendropsophus jimi* foi descrito de Botucatu (SP) (conhecida para áreas de cerrado de São Paulo, Minas Gerais e Goiás) e *D. rhea* (conhecida apenas para a localidade tipo) foi descrito de Pirassunga (SP), duas localidades muito próximas. A descrição original dessas espécies não apresenta uma diagnose robusta entre essas espécies, inclusive os autores não apresentam uma sessão com a comparação morfológica entre as espécies do grupo de *D. microcephalus*. Análises preliminares de divergência genética em colaboração (Lourenço et al. em prep.) entre topotipos de *D. jimi* e *D. rhea* mostraram-se baixas ($\leq 1\%$). Assim, parece que *D. rhea* seja um sinônimo júnior de *D. jimi*.

A pesar das semelhanças acústicas e morfológicas entre as outras espécies do complexo de *D. tritaeniatus*, *D. araguaya*, *D. cerradensis* e *D. tritaeniatus*, são necessários mais estudos (principalmente de cunho genético) para avaliar a validade dessas espécies em relação a *D. tritaeniatus*.

Os valores para o canto de anúncio de *Dendropsophus jimi* apresentados aqui coincidem com os previamente descritos por Martins e Jim (2004) para a localidade tipo, Botucatu (SP). Nossos valores para os cantos de *D. elianeae* e *D. rubicundulus* também coincidem com os apresentados por Martins e Jim (2004) para *D. elianeae* de Botucatu (SP) e Cardoso e Vielliard

(1985) para *D. rubicundulus* para a localidade tipo de *D. rubicundulus* (Lagoa Santa, MG).

A pesar de morfologicamente distintos *Dendropsophus elianeae* e *D. rubicundulus* apresentam cantos indistinguíveis, assim como ocorre entre as espécies que compõem o complexo de *D. tritaeniatatus*. Nossas localidades de coleta para *D. rubicundulus* e *D. elianeae* abrangem ampla área do cerrado brasileiro. Embora mais estudos sejam necessários para determinar a real distribuição dessas espécies, *D. rubicundulus* parece estar distribuído no leste, centro, oeste e norte do cerrado e *D. elianeae* mais ao sul (Figura 9). Não há registros de simpatria entre essas duas espécies. Um dos limites de distribuição de *D. elianeae* é a região da Serra da Canastra no oeste de Minas gerais. Nós coletamos cantos e espécimes de *D. elianeae* na face oeste da serra (voltada para o Rio Grande) e cantos e espécimes de *D. rubicundulus* na face leste (Vargem Bonita). Estudos futuros em regiões ao norte da Serra da Canastra e ao leste do Rio Araguaçu poderiam revelar se essas duas espécies ocorrem em simpatria ou não.

Os valores para as variáveis acústicas de *Dendropsophus bipunctatus* de Macaé e Duas Barras (RJ) foram concordantes com os da Bahia, as pequenas diferenças na amplitude de valores foram atribuídas à variação intraespecífica. Nossos valores estão de acordo com os resultados apresentados por Abrunhosa et al. (2001) com relação à duração da nota, frequências fundamentais e dominantes e intervalo entre as notas emitidas em séries. *Dendropsophus bipunctatus* foi descrito a partir de uma localidade incerta na Bahia (“Provincia Bahiae”; Spix, 1824), ocorrendo ao longo da região litorânea do Rio de Janeiro à Bahia (Frost, 2018). Nossos dados acústicos para *D. bipunctatus* compreendem os limites de distribuição dessa espécie, que apresenta um canto conservado com pequenas diferenças na amplitude dos valores para variáveis temporais e espectrais.

Os valores para as variáveis acústicas de *Dendropsophus branneri* de quatro localidades estudadas aqui (Andaraí - BA, Ilhéus - BA, Prado - BA e Santa Teresa - ES) estão de acordo com aqueles descritos por Nunes et al (2007). Os cantos das populações analisadas são essencialmente similares com pequenas diferenças na amplitude dos valores para variáveis temporais e espectrais.

Os valores apresentados aqui para o canto de *D. cruzi* de 15 localidades englobam os apresentados por Pombal e Bastos (1998) na descrição original dessa espécie. O canto de anúncio de *D. cruzi* é similar para todas as populações analisadas, são cantos formados por notas curtas e agudas ao ouvido humano, mas diferenças na frequência dominante foram encontradas para

algumas das populações analisadas. Tamanho amplitude para essa varável (4.359 – 7.453 Hz, variação de 58,5%) nunca foi reportada para outras espécies do grupo de *D. microcephalus*. Tessarolo, Maciel e Moraes (2016) apresentam um estudo do canto de 10 populações de *D. cruzi* do estado do Goiás. Essas populações apresentaram variações na frequência dominante (de 4.380 – 8.190 Hz, variação de 53,5%) similares às apresentadas aqui, mesmo representando uma abrangência territorial de distribuição menor do que a para as populações tratadas aqui (Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Maranhão).

Kohler et al (2017) apresentam variações intraespecíficas de 3 a 45% na frequência dominante para 32 espécies de sapos a partir de dados compilados na literatura. O valor de 45% é para *Leptodactylus fuscus* (Schneider, 1799), uma espécie tida como distribuída por toda a América do Sul (ao leste da Cordilheira dos Andes), com exceção do Equador (Frost 2018). A grande variação na morfologia e padrão de coloração dos espécimes analisados de *D. cruzi* não permite diferenciação entre essas populações. Estudos de cunho genético das populações de *D. cruzi* distribuídas pelo cerrado brasileiro são necessários para avaliar a possível presença de espécies crípticas.

Os cantos de *D. branneri* e *D. cruzi* são muito semelhantes, essas espécies emitem cantos compostos por notas curtas e agudas ao ouvido humano. A estrutura dos cantos e as amplitudes dos valores para as variáveis temporais e espectrais não permitem diagnose acústica entre essas duas espécies, mas as análises mostram que o canto de *D. branneri* apresenta maior duração das notas e maior número de pulsos por notas quando comparado com canto de *D. cruzi* para as diversas populações analisadas (figura 19).

Os valores apresentados aqui para o canto de anúncio de *D. meridianus* englobam os valores apresentados por Pombal e Bastos (1998) para uma população de localidade não especificada, mas provavelmente do estado do Rio de Janeiro (ver espécimes analisados – Pombal e Bastos 1998). Na breve descrição apresentada por Pombal e Bastos (1998), os autores não reconheceram diferenças entre notas longas e curtas que compõem o canto dessa espécie, padrão apresentado aqui.

Dendropsophus microcephalus é uma espécie descrita do Panamá e tem distribuição conhecida para o sudeste do México, toda a América Central e norte da América do sul. Essa espécie foi registrada para o município de Espigão d'Oeste por Bernarde (2007), mesma localidade dos cantos analisados aqui. Descrições anteriores para o canto de *D. microcephalus*

foram apresentadas por Duellman (1970) (para América Central), Savage (2002) (para a Costa Rica) e Tarano (2000) (para a Venezuela). Esses autores descrevem o canto dessa espécie como formado por uma nota longa seguida de notas curtas, as notas curtas são formadas por dois grupos de pulsos separados por um pequeno intervalo. Essa estruturação em dois grupos de pulsos para as notas curtas, não está presente nos cantos analisados aqui, embora as descrições anteriores apresentem valores que englobam os apresentados aqui para duração das notas, número de pulsos, duração dos pulsos e frequência dominante. Outra diferença evidente é que as descrições na literatura citam uma banda de frequência fundamental em torno de 3 kHz, ausente nos cantos analisados por nós. Tendo em conta essas diferenças, concluímos que os cantos analisados de Espigão d'Oeste são diferentes dos apresentados para *D. microcephalus*. Essa e outras populações amazônicas devem ser estudadas mais profundamente para que sua identidade taxonômica seja definida.

Dendropsophus minusculus foi descrito de Nirgua, Venezuela, e tem distribuição conhecida para os estados brasileiros da Bahia, Ceará, Pará, Piauí e Roraima. Tarano et al 2010 apresenta uma breve descrição do canto dessa espécie para uma localidade da Venezuela com valores similares para frequência dominante (os autores não apresentam valores para as outras variáveis descritas aqui). Essa é a primeira descrição detalhada do canto de anúncio de *D. minusculus*.

Os valores para as variáveis acústicas de *Dendropsophus pseudomeridianus* de Chiador (MG) foram concordantes com os de Macaé (RJ), com pequenas diferenças na faixa de valores que atribuímos à variação intraespecífica. O registro para a localidade de Chiador, Minas Gerais, representa o primeiro registro para o estado. Novos registros estaduais representam uma informação relevante sob um contexto de conservação, uma vez que ampliam na lista de espécies do estado e podem estimular atos de conservação por parte das autoridades locais.

Os valores para o canto de *D. pseudomeridianus* descritos aqui estão de acordo com aqueles apresentados por Caram et al. (2014) para variáveis temporais e espectrais para uma população de Guapimirim (RJ). Os autores também apresentam que o canto dessa espécie é composto por um tipo de nota pulsada emitida sempre isoladamente, diferente de todas as outras espécies do grupo *D. microcephalus* que emitem notas isoladas ou em sequências de duas ou mais notas. Apesar das similaridades, nossos cantos apresentam notas longas mais longas (12–25 ms; média: 17.4 ms) do que as apresentadas por Caram et al. (2014) (8–14 ms; média: 11 ms).

Esses autores relatam a presença de outros harmônicos no canto de *D. pseudomeridianus*, ausente nas nossas gravações, nós atribuímos essa diferença, com relação aos harmônicos, aos equipamentos de gravação e as respectivas configurações.

O canto de *D. rhodopeplus* foi brevemente descrito por Duellman (1972) para uma população de Santa Cecília (Equador). Duellman (1972) apresenta valores apenas para duração da nota (100–220 ms; média: 150), taxa de repetição dos pulsos (200–220 ms; média: 206), frequência dominante (3925) e frequência fundamental das notas longas (aqui denominadas como notas A) do canto dessa espécie. Esses valores são ligeiramente diferentes dos descritos aqui para duração das notas A (80–135 ms; média: 108,2), taxa de repetição dos pulsos (336–400 ms; média: 367,6), frequência fundamental (2.972–3.445 Hz; média 3245) e frequência dominante (6.244–7.192 Hz; média: 6.896). É importante notar que em Duellman (1972) a frequência dominante está no primeiro harmônico e na população analisada aqui a dominante está no segundo harmônico. De qualquer maneira o canto dessas duas populações é estruturalmente similar e as variações nos valores para as variáveis são interpretados com variação intraespecífica. Essa é a primeira descrição detalhada do canto de anúncio de *D. rhodopeplus*.

Os valores apresentados aqui para (seis populações) de *D. sanborni* (incluindo a localidade tipo - San Carlos, Uruguai) estão de acordo com a descrição de Martins e Jim 2003 para uma população de Botucatu (SP). A variação dos valores para essas populações foram considerados como variação intraespecífica.

Lingnau, Guimarães e Bastos (2004) apresentam uma descrição do canto de *D. weneri* da localidade de Morretes (PR). Os autores descrevem o canto como composto por um tipo de nota emitida isoladamente ou em sequências. Eles também reportam a emissão de cantos compostos por notas agressivas seguidas de notas do canto de anúncio. A única diferença entre as descrições é que esses autores não reconheceram que as notas emitidas isoladas ou as primeiras notas das sequências são mais longas que as outras notas da sequência, mas os valores apresentados por eles englobam os valores apresentados por nós para as notas longas e curtas.

O canto anúncio de *Dendropsophus studerai* da localidade de tipo (Quebrangulo - AL) descrito aqui é bastante semelhante ao da descrição de Napoli et al. (2014) com base em dois machos de São Sebastião do Passé (BA). Os cantos de *D. studerai* e *D. bipunctatus* apresentam valores que se sobrepõem para variáveis temporais e espectrais, representando outro caso de espécies morfologicamente distintas, mas com cantos indiscerníveis, assim como *D. elianeae* e

D. rubicundulus.

Os espécimes de *D. cf. cruzi* de Chapada dos Guimarães (MT) são semelhantes a *D. cruzi* em canto de anúncio, mas não foram determinados como *D. cruzi* por apresentar padrão de coloração marrom escuro esverdeado (varia de amarelo a marrom claro em *D. cruzi*) e a presença de uma mancha subocular em alguns indivíduos (ausente em *D. cruzi*). Outra espécie similar a *D. cruzi* mas com manchas suboculares é *D. reichlei*, uma espécie descrita Manuripi (Bolívia). O canto de *D. cf. cruzi* da Chapada dos Guimarães difere do canto de *D. reichlei* pela duração das notas (6–12 ms, média: 8,8 em *D. cf. cruzi*; 68–112 ms; média : 92,6 em *D. reichlei*) e frequência dominante (4.406–4.969 Hz, média: 4.698 Hz em *D. cf. cruzi*; 6212–6634 Hz, média: 6.363 em *D. reichlei*). Essa população e outras, que provavelmente habitam essa região, devem ser estudas mais profundamente estudadas para que sua identidade taxonômica seja definida.

A partir dos dados apresentados aqui, nos capítulos anteriores e presentes na literatura é possível reconhecer alguns padrões para tipo e emissão das notas: i) cantos compostos por um tipo de nota emitida isoladamente; ii) cantos compostos por um tipo de nota emitida isoladamente ou em sequências; iii) cantos compostos de uma nota longa seguida por uma ou mais notas curtas; e iv) canto de anúncio composto por notas emitidas em sequências, onde o número de pulsos por nota aumenta à medida em que as notas são emitidas.

O detalhamento do canto de anúncio de diversas espécies que possuíam descrições breves ou pouco detalhadas demonstra a importância de revisões acústicas para melhor compreensão do repertório vocal das espécies envolvidas. Dados acústicos como os apresentados aqui podem ser úteis para estudos futuros sobre a evolução do canto dentro do grupo de *D. microcephalus*, como desenvolvido anteriormente para outros grupos de sapos.

6 CONCLUSÕES

Nesse capítulo nós apresentamos descrições de cantos inéditas para *D. araguaya*, *D. cerradensis* e *D. rhea*. Concluimos que esses cantos são essencialmente iguais e que *D. rhea* provavelmente representa um sinônimo júnior de *D. jimi*. Também detalhamos os cantos de várias espécies que possuíam descrições breves ou pouco detalhadas, demonstrando a importância de revisões acústicas para melhor compreensão do repertório vocal das espécies envolvidas. Apresentamos registros inéditos de distribuição para algumas espécies, contribuindo no entendimento de padrões zoogeográficos para algumas espécies. Apresentamos cantos de diversas populações topotípicas, o que é especialmente importante para avaliações taxonômicas.

Por fim apresentamos uma grande revisão acústica das espécies do grupo de *D. microcephalus* que ocorrem em território brasileiro. Esses dados podem ser usados em estudos de diferentes abordagens como taxonomia ou evolução de caracteres acústicos.

REFERÊNCIAS

- ANGULO, A. e REICHLE, S. Acoustic signals, species diagnosis, and species concepts: the case of a new cryptic species of *Leptodactylus* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) from the Chapare region, Bolivia. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2008, **152**, 59–77.
- ARAK, A. Vocal interactions, call matching and territoriality in a sri lankan treefrog, *Philautus leucorhinus* (Rhacophoridae). *Animal Behaviour*. 1983, **31**, 292-302.
- BACKWELL, P. R. Y. Functional Partitioning in the Two-Part Call of the Leaf-Folding Frog, *Afrixalus brachycnemis*. *Herpetologica*. 1983, **44**, 1-7.
- BARRIO A. Sobre la validez de *Hyla sanborni* y *H. uruguayana* (Anura. Hylidae). *Physis*. 1967, **76**, 521-524.
- BASSO, N. G., PERI, S. I., DIDATA, I. E. Revalidación de *Hyla sanborni* Schmidt, 1944 (Anura: Hylidae). *Cuad Herp.* 1985, **1**, 1-11.
- BASTOS, R. P. E POMBAL JR., J. P. A new species of *Hyla* (Anura: Hylidae) from eastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*. 1996, **17**, 325–331.
- BERNARDE, P. S. Ambientes e temporada de vocalização da anurofauna no município de Espigão do Oeste, Rondônia, sudoeste da Amazônia - Brasil (Amphibia: Anura). *Biota Neotrop.* 2007, **7**.
- BIOACOUSTIC RESEARCH PROGRAM. 2012. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. Version 1.5.
- BLAIR, W.F. Mating call in the speciation of anuran amphibians. *The American Naturalist*. 1958, **92**, 27–51.
- BRUSCHI D. P., LUCAS E. M., GARCIA, P. C. e RECCO-PIMENTEL, S. M. Molecular and Morphological Evidence Reveals a New Species in the *Phyllomedusa hypochondrialis* Group (Hylidae, Phyllomedusinae) from the Atlantic Forest of the Highlands of Southern Brazil. *PloS one*. 2014, **9**, e105608.
- CARAM, J., LUNA-DIAS, C., HEPP, F. e CARVALHO-E-SILVA, S. P. The advertisement call of *Dendropsophus pseudomeridianus* (Cruz, Caramaschi & Dias) (Anura: Hylidae). *Zootaxa*. **3784**, 294–296.
- CAMINER, M. A., MILA, B., JANSEN, M., FOUQUET, A., VENEGAS, P. J.M CHAVEZ, G., LOUGHEED, S. C., RON, S. R. Systematics of the *Dendropsophus leucophyllatus* species complex (Anura: Hylidae): cryptic diversity and the description of two new species. *PLoS One* **12**. 2017, **3**, e0171785.
- CARVALHO, T. R.; GIARETTA, A. A. Taxonomic circumscription of *Adenomera martinezi* (Bokermann, 1956) (Anura: Leptodactylidae: Leptodactylinae) with the recognition of a new

cryptic taxon through a bioacoustic approach. *Zootaxa*, 2013, **3701**, 207–237.

CARVALHO-E-SILVA, S. P., CARVALHO-E-SILVA, A. M. P. T., e IZECKSON, E. *Nova especie de Hyla Laurenti do grupo de H. microcephala Cope (Amphibia, Anura, Hylidae) do nordeste do Brasil*. *Revista Brasileira de Zoologia*. 2013 **20**, 553–558.

CEI, J. M. *Amphibians of Argentina*. **Monitore Zoologico Italiano**. Monograph. v. 2, p. 1-609, 1980.

CRUZ, C. A. G., CARAMASCHI, U. e DIAS, A. G. *Espécie nova de Hyla Laurenti, 1768 do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia, Anura, Hylidae)*. *Boletim do Museu Nacional, Nova Serie, Zoologia*. 200, **434**, 1–8.

DE QUEIROZ, K. The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: a conceptual unification and terminological recommendations. In: Howard DJ, Berlocher SH editors. *Endless forms: species and speciation*. Oxford University Press. Oxford, England. 1998. 57-75.

DIAS, I. R., HADDAD, C. F. B., ARGÔLO, A. J. S. e ORRICO, V. G. D. The 100th: an appealing new species of *Dendropsophus* (Amphibia: Anura: Hylidae) from northeastern Brazil. *PloS ONE*. 2017, **12**, e1071678.

DE LA RIVA, I. e DUELLMAN, W. E. The identity and distribution of *Hyla rossalleni* Goin. *Amphibia-Reptilia*. 1997, **18**, 433–436.

DUELLMAN, W. E. e FOUQUETTE, Jr. M. J. Middle American frogs of the *Hyla microcephala* group. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 1968, **17**, 517-557.

DUELLMAN, W. E. *The Hylid Frogs of Middle America*. Monographs of the Museum of Natural History, University of Kansas. Lawrence. 1970

DUELLMAN, W. E. The systematic status and life history of *Hyla rhodopepla* Günther. *Herpetologica*. 1972, **28**, 369-375.

DUELLMAN, W. E. Descriptions of new hylid frogs from Colombia and Ecuador. *Herpetologica*. 1973, **29**, 219-227.

DUELLMAN, W. E. A reassessment of the taxonomic status of some neotropical hylid frogs. *Occasional Papers of the Museum of Natural History*. 1974, **27**, 1–27.

DUELLMAN, W. E. e TRUEB, L. Frogs of the *Hyla columbiana* group: taxonomy and phylogenetic relationships. *Advances in herpetology and evolutionary biology*. 1983, 33-51.

DUELLMAN, W.E.; TRUEB, L. **Biology of Amphibians**. New York: McGraw-Hill, 670 pp., 1994.

FAIVOCICH, J., HADDAD, C. F. B., GARCIA, P. C. A., FROST, D. R., CAMPBELL, J. A. e WHEELER, W. C. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 2005, **294**: 1–240.

FORTI, L. R., MÁRQUEZ, R. e BERTOLUCI, J. Advertisement call of *Dendropsophus microps* (Anura: Hylidae) from two populations from southeastern Brazil. *Zoologia*, 32, 187–194.

FOUQUETTE, M. J. Mechanisms in Three Sympatric Treefrogs in the Canal Zone. *Evolution*, 2015, **14**, 484–497.

FOUQUET, A., NOONAN, B. P., BLANC, M., ORRICO, V. G. D. Phylogenetic position of *Dendropsophus gaucheri* (Lescure and Marty 2000) highlights the need for an in-depth investigation of the phylogenetic relationships of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae). *Zootaxa*. 2011, **3035**: 59–67.

FOUQUET A, GILLES A, VENCES M, MARTY C, BLANC M, e Gemmell N. J. Underestimation of species richness in Neotropical frogs revealed by mtDNA analyses. *PLoS one*. 2007, **2**, e1109.

FOUQUET, A., NOONAN, B.P., BLANC, M., DILL ORRICO, V.G., 2014. Phylogenetic position of *Dendropsophus gaucheri* (Lescure and Marty 2000) highlights the need for an in-depth investigation of the phylogenetic relationships of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae).

FROST DR. Amphibian species of the world: an online reference Version 6. American Museum of Natural History, New York, USA. 2018.

GEHARA, M., CRAWFORD, A. J., ORRICO, V. G. D., RODRÍGUEZ, A., LÖTTERS, S., FOUQUET, A., BALDO, D., BARRIENTOS, L. S., BRUSQUETTI, F., CASTROVIEJO-FISHER, S., DE LA RIVA, I., ERNST, R., FAIVOVICH, J., GAGLIARDI URRUTIA, G., GLAW, F., GUAYASAMIN, J., HÖLTING, M., JANSEN, M., KOK, P. J. R., KWET, A., LINGNAU, R., LYRA, M., MORAVEC, J., PADIAL, J. M., POMBAL Jr., J., ROJAS-RUNJAIC, F. J. M., SCHULZE, A. SEÑARIS, J. C., SOLÉ, M., RODRIGUES, M. T., TWOMEY, E., HADDAD, C. F. B., VENCES, M. KÖHLER, J. High levels of diversity uncovered in a widespread nominal taxon: continental phylogeography of the Neotropical tree frog *Dendropsophus minutus*. *PLoS ONE*. 2014, **9**: 1-12.

GERHARDT, H.C.; HUBER, F. *Acoustic Communication in Insects and Anurans: common problems and diverse solutions*. Chicago/London: University of Chicago Press, 531 pp., 2002.

KÖHLER, J. & LÖTTERS S. A new species of minute *Hyla* from the southwestern Amazon Basin (Amphibia, Anura, Hylidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 2001, **36**, 105-112.

KÖHLER, J., JUNGFER, K. H., e REICHLE, S. Another new species of small *Hyla* (Anura, Hylidae) from Amazonian sub-Andean forest of western Bolivia. *Journal of Herpetology*. 2005, **39**, 43–50.

- KWET, A. The genus *Pseudis* (Anura: Pseudidae) in Rio Grande do Sul, southern Brazil, with description of a new species. *Amphibia-Reptilia*. 2000, **21**, 39–55.
- LANGONE, J. A. Ranas y sapos del Uruguay (Reconocimiento y aspectos biológicos). *Museo Damaso Antonio Larrañaga, Série Divulgacion*. 1994, **5**, 1–123
- LANGONE, J., BASSO, N.,. Distribución geográfica y sinonimia de *Hyla nana* Boulenger, 1889 y de *Hyla sanborni* Schmidt, 1944 (Anura, Hylidae) y observaciones sobre formas afines. *Comunicaciones zool. del Museo de historia natural de Montevideo*. 1987, **64**, 1–17.
- LITTLEJOHN, M. J. Premating Isolation in the *Hyla ewingi* Complex (Anura: Hylidae). *Evolution*. 1965, **19**, 234–243.
- LITTLEJOHN, M. J. *Long range acoustic communication in anurans: An integrated and evolutionary approach*. In D. H. Taylor and S. I. Guttman (Eds.), *The Reproductive Biology of Amphibians*. Plenum Publishing Corporation, New York. 1977.
- LUTZ B. *Brazilian species of Hyla*. University of Texas Press: Austin and London, 1973.
- MARTINS, I.A. e JIM, J. Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* in Botucatu, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 2003. **63**, 507–516.
- MEDEIROS, L. R., LOURENÇO, L. B., ROSSA-FERES, D. C., LIMA, A. P., ANDRADE, G. V., GIARETTA, A. A., EGITO, G. T. e RECCO-PIMENTEL, S.M. Comparative cytogenetic analysis of some species of the *Dendropsophus microcephalus* group (Anura, Hylidae) in the light of phylogenetic inferences. *BMC Genet*. 2013, **14**, 59.
- MISSASSI, A. F. R., COSTA-CAMPOS, C. E., LIMA, J. D. e LAMBERTINI, C. Range extension of the poorly know tree frog *Dendropsophus haraldschultzi* (Bokermann, 1962) (Amphibia, Anura, Hylidae): first records for two Brazilian Amazon states. *Herpetology Notes*. 2017, **10**, 703–707.
- MORAVEC, J., APARICIO, J. e KÖHLER, J. *A new species of tree frog, genus Dendropsophus (Anura: Hylidae), from the Amazon of northern Bolivia*. *Zootaxa*. 2006, **1327**, 23–40.
- MORAVEC, J., APARICIO, J., GUERRERO-REINHARD, M., CALDERON, G. e KÖHLER, J. *Diversity of small Amazonian Dendropsophus (Anura: Hylidae): another new species from northern Bolivia*. *Zootaxa*. 2008, **1918**, 1–12.
- MOURA, M.R., LACERDA, J.V.A. e FEIO, R.N. Advertisement call and distribution of *Dendropsophus berthaltutzae* (Anura: Hylidae). *Salamandra*. 2012, **48**, 177–180.
- NAPOLI, M. F. e Caramaschi, U. Duas novas espécies de *Hyla* Laurenti, 1768 do Brasil central afins de *H. tritaeniata* Bokermann, 1965 (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia*. 1998, **391**, 1–12.
- NAPOLI, M. F., e CARAMASCHI, U. The taxonomic status of *Hyla elongata* Lutz, 1925.

Journal of Herpetology. 1999. **33**, 484–487.

NAPOLI, M. F. e CARAMASCHI, U. Description and variation of a new Brazilian species of the *Hyla rubicundula* group (Anura, Hylidae). *Alytes*. 2000, **17**, 165–184.

NARINS, P. M. e CAPRANICA, R. R. Communicative significance of the two-note call of the treefrog *Eleutherodactylus coqui*. *J. Comp. Physiol.* 1978, **127**, 1–9.

ORRICO, V. G. D., PELOSO, P. L. V., STURARO, M. J., SILVA, H. F., FILHO, NECKEL-OLIVEIRA, S., GORDO, M., FAIVOVICH, J. e HADDAD, C. F. B. A new “Bat-Voiced” species of *Dendropsophus* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae) from the Amazon Basin, Brazil. *Zootaxa*. 2014, **3881**, 341–361

ORTEGA-ANDRADE, H. M., e Ron, S. R. A new species of small tree frog, genus *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) from the eastern Amazon lowlands of Ecuador . *Zootaxa*. 2013, **3652**, 163–178.

PADIAL, J. M. et al. Assessing the taxonomic status of tropical frogs through bioacoustics: geographical variation in the advertisement calls in the *Eleutherodactylus discoidalis* species group (Anura). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2008, **152**, 353–365.

PUGLIESE, A., ALVES, A. C. R. e CARVALHO E SILVA, S. P. The tadpoles of *Hyla oliveirai* and *Hyla decipiens* with notes on the *Hyla microcephala* group (Anura, Hylidae). *Alytes*. 2000, **18**, 73–80.

PYRON, R. A.; WIENS J. J. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. **Molecular Phylogenteics and Evolution**, 543–583, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2015. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Available from: <http://www.R-project.org> (accessed in 2018).

SMITH, M. J. e ROBERTS, J. D. Call repertoire of an Australian treefrog, *Litoria adelaidensis* (Anura, Hylidae). *J R Soc West Aust.* 2003. **86**, 91–95.

RUAS, D. S., MENDES, C. V. M., DIAS, I. R., e SOLÉ, M. Description of the advertisement call of *Dendropsophus haddadi* (Bastos and Pombal 1996) (Anura: Hylidae) from southern Bahia, Brazil. *Zootaxa*, 2012, **3250**, 63–65.

RYAN, M. J., FOX, J. H., WILCZYNSKI, W. e RAND, A. S. Sexual selection for sensory exploitation in the frog *Physalaemus pustulosus*. *Nature*. 1990, **343**, 66–67.

SANTANA, D. J., MESQUITA, D. O., GUARDA, A. A. Advertisement call of *Dendropsophus oliveirai* (Anura, Hylidae). *Zootaxa*, **2997**, 2011, 67–68.

SAVAGE, J.M. *The amphibians and reptiles of Costa Rica. A herpetofauna between two continents, between two seas*. Chicago: University of Chicago Press. 2002.

- SEARCY, W. A.; ANDERSON, M. Sexual Selection and the evolution of song. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1986, 17, 507–533.
- SCHWARTZ, J. J. e WELLS, K. D. Interspecific acoustic interactions of the neotropical treefrog *Hyla ebraccata*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 1984a, **14**, 211-224.
- SCHWARTZ, J. J. & WELLS, K. D. 1984b. Vocal behavior of the neotropical treefrog *Hyla phlebodes*. *Herpetologica* 40(4): 452-463.
- SCHWARTZ, J. J. The importance of spectral and temporal properties in species and call recognition in a neotropical treefrog with a complex vocal repertoire. *Anim. Behav.* 1987, **35**, 340-347.
- SUEUR, J., AUBIN, T. & SIMONIS, C. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*. 2008, **18**, 213–226.
- TÁRANO, Z. Advertisement Calls and Calling Habits of Frogs from a Flooded Savanna of Venezuela. *South American Journal of Herpetology*. 2010, **5**, 221–240.
- TEIXEIRA, B. F. V. e GIARETTA, A. A. Setting a fundament for taxonomy: advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura: Hylidae). *Salamandra*. 2015, **51**, 137-146.
- TESSAROLO, G; MACIEL, N. M.; RIBEIRO MORAIS, A e BASTOS, R. P. Geographic variation in advertisement calls among populations of *Dendropsophus cruzi* (Anura: Hylidae). *The Herpetological Journal*. 2016, **26**, 219-227.
- WELLS, K. D. e SCHWARTZ, J. J. Vocal communication in a neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*: advertisement call. *Anim. Behav.* 1984, **32**, 405-420
- WELLS, K. D. e GREER, B. J. Vocal responses to conspecific calls in a neotropical hylid frog, *Hyla ebraccata*. *Copeia*. 1981 **3**, 615-624.

APÊNDICE A - Lista de espécimes analisados

Dendropsophus anataliasiasi: série tipo: MZUSP 74204 (Ex. WCAB 45272); MZUSP-73790 (Ex. WCAB-45373); MZUSP 73788–73789 (Ex. WCAB 45257–45258); TOCANTINS: Brejinho de Nazaré (topótipos): AAG-UFU 0926–0939; Formoso do Araguaia: ZUEC 10158; ZUEC 10170–10171; ZUEC 10177–10178; ZUEC 101201; Nova Olinda: MNRJ 73004; MNRJ 66823.

Dendropsophus araguaya: série tipo: MZUSP 66803, MNRJ 17240–14241, MZUSP66796–66802, MZUSP 66719–66721, MNRJ 66796–66802; topótipos: AAG-UFU 1726–1724, MZUSP 152371–152380.

Dendropsophus berthaltutzae: topótipos: AAG-UFU 5031–5038, AAG-UFU 0257–0259; SÃO PAULO: Ubatuba: AAG-UFU 4425–4426, Salesópolis: AAG-UFU 5410.

Dendropsophus bipunctatus: BAHIA: Ilhéus: AAG-UFU 0240; RIO DE JANEIRO: Macaé: AAG-UFU 0538–0540, Duas Barras: AAG-UFU 0702–0705, Cachoeiras de Macacu: AAG-UFU 6227; ESPÍRITO SANTO: Santa Teresa: AAG-UFU 6158–6160.

Dendropsophus branneri: BAHIA: Ilhéus: AAG-UFU 0241–0244, Prado: AAG-UFU 5971–5973; ESPÍRITO SANTO: Santa Teresa: AAG-UFU 6161–6163.

Dendropsophus cachimbo: série tipo: MNRJ 17298–17299; MZUSP 21910–21918; MZUSP 21920–21924; PARÁ: Novo Progresso: AAG-UFU 1489–1504; AAG-UFU 1506–1514 (topótipos); CHUNB 13098–13108; CHUNB 34445–34469; CHUNB 40178–40195.

Dendropsophus cerradensis: série tipo: MZUSP 06733, MNRJ 17293, ZUEC 06734–06737; MATO GROSSO DO SUL: Ribas do Rio Pardo: AAG-UFU 1709–1721.

Dendropsophus cruzi: série tipo: MNRJ 21791–21795; GOIÁS: Silvânia: AAG-UFU 1787–1792, AAG-UFU 5094–5097, Pirenópolis: AAG-UFU 0335–0339, Uruaçu: AAG-UFU 1009, AAG-UFU 1408, Alto Paraíso: AAG-UFU 1331, Minaçu: AAG-UFU 5053, Niquelândia: 5070; MATO GROSSO: Pontal do Araguaia: AAG-UFU 0218–0227, AAG-UFU 1087–1088, Alto Garças: AAG-UFU 5715–5717; MINAS GERAIS: Ituiutaba: AAG-UFU 0343–0348, AAG-UFU 0644–0645, Araporã: AAG-UFU 0657–0658, Limeira do Oeste: AAG-UFU 1755–1757; TOCANTINS: Brejinho de Nazaré: AAG-UFU 0917–0920, Mateiros: AAG-UFU 1987–1995, Palmas: AAG-UFU 2754–2758, AAG-UFU 3277–3292, MARANHÃO: Carolina: AAG-UFU 2840–2845,

Dendropsophus cf. cruzi: MATO GROSSO: Chapada dos Guimarães: AAG-UFU 1480–1448.

Dendropsophus decipiens: RIO DE JANEIRO: Duas Barras: AAG-UFU 0706–0709;

Dendropsophus elianeae: MINAS GERAIS: Uberlândia: AAG-UFU 1891–1894, AAG-UFU 2294–2296, Sacramento: AAG-UFU 0895–0897, Perdizes: AAG-UFU 1030–1032; MATO GROSSO DO SUL: Bela vista (topótipos): AAG-UFU 0128–0142, Ribas do Rio Pardo: AAG-UFU 0160–0174, AAG-UFU 0655–0656.

Dendropsophus haddadi: ESPÍRITO SANTO: Santa Teresa: AAG-UFU 6170–6179, Sooretama: AAG-UFU 6203–6205.

Dendropsophus jimi: série tipo: MZUSP 21980, MNRJ 2198, MNRJ 21983–21990, MNRJ 21982, MINAS GERAIS: Araporã: AAG-UFU 0653–0654, Delta: AAG-UFU 0559–0562, Parque Nacional Grande Sertão Veredas: AAG-UFU 1907–1910, Uberlândia: AAG-UFU 2318–2327.

Dendropsophus meridianus: RIO DE JANEIRO: Manguinhos (topótipos): MNRJ 20761–20775; Cachoeiras de Macacu: AAG-UFU 6216–6225.

Dendropsophus aff. *microcephalus*: RONDÔNIA: Espigão d'Oeste: AAG-UFU 5798–5797.

Dendropsophus nanus: ARGENTINA: Resistencia (topótipos): UNNEC 12429–39; BRASIL: MINAS GERAIS: Araguari: AAG-UFU 0550–0552, Araporã: AAG-UFU 1825–1827, MATO GROSSO DO SUL: Bela vista: AAG-UFU 0159; TOCANTINS: AAG-UFU 0921–0925; MATO GROSSO: Cáceres: AAG-UFU 5255–5258; GOIÁS: Guarani de Goiás: AAG-UFU 1962; RONDÔNIA: Vilhena: AAG-UFU 5268, AAG-UFU 5362–5364.

Dendropsophus oliveirai: série tipo: MZUSP 7359, MZUSP 74146–74148; BAHIA: Maracás: 5673–5679.

Dendropsophus ozzyi: série tipo: MZUSP 154084–154088.

Dendropsophus pseudomeridianus: RIO DE JANEIRO: Macaé: AAG-UFU 0548–0549, AAG-UFU 758–760, MINAS GERAIS: AAG-UFU 1103.

Dendropsophus rhea: série tipo: MZUSP 9104, MZUSP 30983–30984, MZUSP 14450–14471, MZUSP 9105–9113; SÃO PAULO: Pirassununga: topótipos: AAG-UFU 1089–1097.

Dendropsophus rodhoepus: EQUADOR: Santa Cecília: MZUSP 55812–55821, BRASIL: Rondônia: Itapuã do Oeste: AAG-UFU 5816–5819;

Dendropsophus rubicundulus: MINAS GERAIS: Lagoa Santa (topótipos): AAG-UFU 0021–0022, Parque Nacional da Serra do Cipó: AAG-UFU 0030–0044, Vargem Bonita: AAG-UFU 0605, São Gotardo: AAG-UFU 1749–1754, Buritis: AAG-UFU 1754–1768, Curvelo: AAG-UFU 0306, Juatuba AAG-UFU 0327, Parque Nacional Grande Sertão Veredas: AAG-UFU 1895–1906; Paracatu: AAG-UFU 0647–0650; MATO GROSSO: Cuiabá: 1447–1461; MARANHÃO: Carolina AAG-UFU 2833–2839; GOIÁS: Guarani de Goiás: AAG-UFU 1953–1961; Silvânia AAG-UFU 1785–1786, Uruaçu: AAG-UFU 1003–1008, Teresina de Goiás: AAG-UFU 1355–1379, Padre Bernardo: AAG-UFU 1526–1535; TOCANTINS: Mateiros: AAG-UFU 2149, 2160–2162; Paranã: AAG-UFU 3293–3305; BAHIA: São Desiderio AAG-UFU 5434–5436.

Dendropsophus sanborni: URUGUAI: MALDONADO: Maldonado: CH-UR 17632–17636, ZUEC 10073–10077; SAN JOSÉ: Ciudad del Plata: MZUSP 77997–98, MZUSP 78000, MZUSP 78002, MZUSP 78006–78009, MZUSP 78001–78012; CERRO LARGO: Plácido Rosas: MZUSP 7761–7764; BRASIL: SÃO PAULO: Botucatu: AAG-UFU 1704–1708, Águas da Prata

AAG-UFU 3526–3527, Itatiba: AAG-UFU 4431; MINAS GERAIS: Poços de Caldas: AAG-UFU 4680–4681, AAG-UFU 0001–0002;

Dendropsophus tritaeniatus: MATO GROSSO: Chapada dos Guimarães: AAG-UFU 1467–1474.

Dendropsophus walfordi: série tipo: MZUSP 73652 (ex WCAB 8436), MZUSP 74019–74041, MZUSP 74424, MZUSP 73653; RONDÔNIA: Costa Marques (topótipos) AAG-UFU 5306–5327, MZUSP 129903–130122, Itapuã do Oeste: AAG-UFU 5820–5829; Abunã: MZUSP 104496–104503; ACRE: Rio Branco: AAG-UFU 5886–5894, Feijó: AAG-UFU 5894, Cruzeiro do Sul: AAG-UFU 5903–5906, AMAZONAS: Borba: MZUSP 51199–51212.

Dendropsophus tintinnabulum: AMAZONAS: São Gabriel da Cachoeira: AAG-UFU 3854–3857, 3882–3884; Tarauacá: MZUSP: 188212–188213.

ANEXO A – Artigo em que descrevemos o canto de *Dendropsophus tritaeniatatus* de Chapada dos Guimarães (MT).

Zootaxa 3669 (2): 189–192
www.mapress.com/zootaxa/
Copyright © 2013 Magnolia Press

Correspondence

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3669.2.12>
<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:0306574E-49FF-497D-9142-43FEDCEA750D>

The advertisement call of *Dendropsophus tritaeniatatus* (Bokermann, 1965) (Anura: Hylidae)

BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA^{1,2,4}, ARIIVALDO ANTONIO GIARETTA² & ANDRÉ PANSONATO³

¹Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil

²Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicais, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Rua 20 n° 1.600 - Bairro Tupã, 38.304-402, Inuiatuba, MG, Brazil

³Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, 13054-000, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil

⁴Corresponding author. E-mail: bernardo5000@hotmail.com

The *Dendropsophus rubicundulus* (Reinhardt & Lütken) clade (sensu Faivovich *et al.* 2005) currently comprises nine species (Martins & Jim 2004). Given that internal relationships of the clade are unknown, we follow the arrangement of Napoli and Caramaschi (1998, 1999a, 1999b), where five species are assigned to a *D. tritaeniatatus* species complex: *D. tritaeniatatus* (Bokermann), *D. araguaia* (Napoli & Caramaschi), *D. cerradensis* (Napoli & Caramaschi), *D. jimi* (Napoli & Caramaschi), and *D. rhea* (Napoli & Caramaschi). This species complex is always associated to permanent springs and streams in Brazilian Cerrado formations, sharing a small body size, and a dorsal pattern of two anterior brown stripes from the posterior corner of eyes to nearly the middle of body, followed by a single sacral stripe (Napoli & Caramaschi 1999a).

At present, within the *D. tritaeniatatus* complex, only *D. jimi* has an advertisement call description, which was based on topotypic bioacoustic information (Martins & Jim 2004). Herein we describe the advertisement call of *D. tritaeniatatus* from the Municipality of Chapada dos Guimarães (15°36'50"S, 55°28'14"W; approximately 680 m a.s.l.), State of Mato Grosso, Brazil, 70 km northeast in a straight line to its type locality (District of São Vicente, Municipality of Santo Antônio do Leverger, State of Mato Grosso).

Field works were carried out on 24 November 2012. Recordings were taken between 22:04–22:40 h, air temperature 20.5°C. We analyzed 119 calls from five recorded males. Advertisement calls were recorded with a Microtrack II digital recorder set at 48 kHz and resolution of 16 bits, coupled to a ME66/K6 directional microphone. Bioacoustic measurements were analyzed using Raven Pro 1.5 for Windows from The Cornell Lab of Ornithology (Bioacoustic Research Program 2012); spectrogram settings were Hanning window, 256 points resolution (FFT), and 85% of overlap. All other settings followed the 'default' of Raven. Sound figures were obtained in the Seewave package v. 1.5.9 (Sueur *et al.*, 2008), on the R platform (version 2.12.1) (R Development Core Team, 2011); Seewave settings were Hanning window, 256 points resolution (FFT), and 85% of overlap. Call terminology follows Duellman and Trueb (1986). Recordings and their voucher specimens (see Appendix) are housed in the Collection of frogs at the Museu de Biodiversidade do Cerrado of the Universidade Federal de Uberlândia.

The advertisement call of *D. tritaeniatatus* (Figure 1A–C) is a 2–4 pulsed (mean 3.4; SD = 0.2; N = 119) structure, usually (85%) emitted in sequences of 2–11 calls (mean 3.9; SD = 1.2; N = 40), or rarely (15%) isolated. Considering isolated and sequenced calls, the emission ranged from 1–11 calls per sequence (mean 3.4; SD = 1.0; N = 47), at a rate of 12–30 calls per minute (mean 22; SD = 6.6; N = 5). The intercall interval in call sequences ranged from 0.3–0.5 seconds (mean 0.4; SD = 0.1; N = 69). Calls duration ranged from 17–49 ms (mean 32; SD = 4.8; N = 119). Pulse duration ranged from 3–14 ms (mean 9.9; SD = 1.0; N = 108), emitted at a rate of 82–133 pulses per second (mean 107.3; SD = 8.6; N = 119). Only the dominant frequency was present at 3937–4500 Hz (mean 4194; SD = 116.3; N = 119). Lower and upper limits of the dominant frequency ranged from 2924–3533 Hz (mean 3191; SD = 104.3; N = 101) to 4847–5612 Hz (mean 5248; SD = 122.2; N = 101).

The advertisement call of *D. jimi* described by Martins and Jim (2004) presented the following parameters: call duration ranging from 26–72 ms; composed of 3–9 pulses; pulse duration ranging from 3–6 ms; dominant frequency between 2900–5100 Hz; sequenced calls formed by 3–12 calls. *Dendropsophus tritaeniatatus*, with regard to bioacoustic

FIGURE 1. A. Waveform section (2.3 seconds) showing six advertisement calls of *Dendropsophus tritaeniatius* (Municipality of Chapada dos Guimarães, State of Mato Grosso, Brazil). The fourth call, outlined by a blue rectangle, is detailed in B (Audiospectrogram), C (Waveform), and D (Power Spectrum). Record file: *Dendrop_tritaeniatius_ChapadaDosGuimaraes-MT_3a_BFVT_AAG_Mt*, 22:20 h, 24 Nov 2012, air 20.5°C. E - Adult male specimen of *Dendropsophus tritaeniatius* in life, voucher specimen of this recording (AAG-UFU 1469; SVL = 18.4 mm). Photo by Thiago R. de Carvalho.

values in comparison with those presented by Martins and Jim (2004), had a wide overlap with respect to the call duration ("note duration in Martins & Jim 2004), duration of pulses, dominant frequency, and number of calls ("notes" in Martins & Jim 2004) per sequence, and a marginal overlap with respect to number of pulses per call. Additionally, with respect to all analyzed bioacoustic parameters, the values obtained from the advertisement call of *D. jimi* from three population from Minas Gerais (Teixeira unpubl. data) were similar with those described here for *D. tritaeniatum*, which led us to assume that these two species of the *D. tritaeniatum* complex have indistinguishable advertisement calls. This case is another instance of morphologically distinct species with indiscernible advertisement call, as discussed by Garcia *et al.* (2001) to *Aplastodiscus perviridis* Lutz and *A. cochraniae* (Mertens). Two other species of the *D. rubicundulus* group have their advertisement calls described: *D. rubicundulus*, from its type locality, Lagoa Santa, State of Minas Gerais (Cardoso & Viellard 1985); and *D. elianeae*, from Municipality of Botucatu, State of São Paulo (Martins & Jim 2004). The bioacoustic data presented for both species, when compared to our values for *D. tritaeniatum*, have a marginal overlap regarding the call duration and a wide overlap regarding the number of pulses per call and dominant frequency, showing that all three species abovementioned of the *D. rubicundulus* group seem to have similar advertisement calls, evidencing the necessity of additional bioacoustic data on this species group in order to improve their bioacoustic diagnosis.

Financial support by CNPq and FAPEMIG Fellowships by CNPq (AAG) and CAPES (BFVT and AP). We are grateful to Christine Strüssmann, Thiago R. de Carvalho, and Lucas B. Martins by their help in the field works. Collection permits: IBAMA 30059-2.

References

- Bioacoustic Research Program. (2012) Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (version 1.5) [Computer Software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from: <http://www.birds.cornell.edu/raven> (Accessed 14 May 2013)
- Bokermann, W.C.A. (1965) Três novos batráquios da região central de Mato Grosso, Brasil (Amphibia, Salientia). *Revista Brasileira de Biologia*, 25, 257–264.
- Cardoso, A.J. & Viellard, J.M.E. (1985) Caracterização bio-acústica da população topotípica de *Hyla rubicundula* (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 2, 423–426.
- Duellman, W.E. & Trueb, L. (1994) *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Press, New York, 670 pp.
- Faivovich, J., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C.A., Frost, D.R., Campbell, J.A. & Wheeler, W.C. (2005) Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin American Museum of Natural History*, 294, 1–240. [http://dx.doi.org/10.1206/0003-0090\(2005\)294\[0001:SR0TFF\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1206/0003-0090(2005)294[0001:SR0TFF]2.0.CO;2)
- Garcia, P.C.A., Caramaschi, U. & Kwet, A. (2001) O status taxonômico de *Hyla cochraniae* Mertens e recharacterização de *Aplastodiscus* A. Lutz (Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 18, 1197–1218. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752001000400015>
- Martins, I.A. & Jim, J. (2004) Advertisement call of *Hyla jimi* and *Hyla elianeae* (ANURA, HYLIDAE) in the Botucatu region, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 545–554. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842004000400012>
- Napoli, M.F. & Caramaschi, U. (1998) Duas novas espécies de *Hyla* Laurenti, 1768 do Brasil central afins de *H. tritaeniatum* Bokermann, 1965 (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia*, 391, 1–12.
- Napoli, M.F. & Caramaschi, U. (1999a) Variation and description of two new Brazilian *Hyla* of the *H. tritaeniatum* complex (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia*, 407, 1–11.
- Napoli, M.F. & Caramaschi, U. (1999b) Geographic variation of *Hyla rubicundula* and *Hyla anataliasiasi*, with the description of a new species (Anura, Hylidae). *Alytes*, 16, 165–189.
- R Development Core Team (2011) R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. 367 Available from: <http://www.R-project.org> (Accessed 14 April 2011)
- Sueur, J., Aubin, T. & Simonis, C. (2008) Seewave, a free modular tool for sound analysis and 377 synthesis. *Bioacoustics*, 18, 213–226.

APPENDIX.

AAG-UFU collection voucher number and labels of the related analyzed sound files.

Voucher number	Sound file labels
1467	Dendrop_ritaneniatus_ChapadaDosGuimarães-MT_1a_BFVT_AAG_Mt
1468	Dendrop_ritaneniatus_ChapadaDosGuimarães-MT_2a_BFVT_AAG_Mt
1469	Dendrop_ritaneniatus_ChapadaDosGuimarães-MT_3a_BFVT_AAG_Mt
1470	Dendrop_ritaneniatus_ChapadaDosGuimarães-MT_4a_BFVT_AAG_Mt
1471	Dendrop_ritaneniatus_ChapadaDosGuimarães-MT_5a_BFVT_AAG_Mt

ANEXO B – Artigo em que descrevemos o canto de anúncio das populações topotípicas de *D. rubicundulus*, *D. cachimbo* e *D. anataliasiasi* e discutimos aspectos taxonômicos que envolvem essas espécies e outras proximamente relacionadas.

SALAMANDRA 51(2) | 137–146 | 30 June 2015 | ISSN 0036–3375

Setting a fundament for taxonomy: advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura: Hylidae)

BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA^{1,2} & ARIIVALDO ANTONIO GIARETTA²

¹Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

²Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicais. Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Rua 20 n° 1.600 – Bairro Tupã, 38304-402, Ituiutaba, MG, Brasil

Corresponding author: BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA, e-mail: bernardo5000@hotmail.com

Manuscript received: 27 May 2014

Accepted: 12 September 2014 by JÖRN KÖHLER

Abstract. The *Dendropsophus rubicundulus* group comprises nine species distributed in open environments in Cerrado formations. Currently, *D. jimi*, *D. tritaeniatius*, *D. elianeae*, and *D. rubicundulus* have had their advertisement calls described. Herein, we describe for the first time the advertisement calls of *D. anataliasiasi* and *D. cachimbo*, and provide a redescription of the call of *D. rubicundulus*. All three descriptions refer to calls from topotypical specimens. We also provide additional data on the morphometry and colour in life of topotypical specimens of all three species.

Key words. Amphibia, *Dendropsophus anataliasiasi*, *Dendropsophus cachimbo*, bioacoustics, morphometry.

Introduction

The genus *Dendropsophus* FITZINGER, 1843 currently comprises 95 species distributed from southern Mexico to southern Argentina and Uruguay (FROST 2014). These species are essentially divided into nine species groups (FAIVOVICH et al. 2005). The *Dendropsophus microcephalus* species group, which includes more than 30 species, was morphologically defined (DUELLMAN & TRUEB 1986) and its monophyly has been corroborated by molecular data (FAIVOVICH et al. 2005, PYRON & WIENS 2011, MEDEIROS et al. 2013).

In the *D. microcephalus* group, the species of the *Dendropsophus rubicundulus* subgroup (sensu NAPOLI & CARAMASCHI 1999) share small size, immaculate thighs, and dorsum green in life and pink to violet in preservative. This species subgroup currently comprises nine species distributed in open environments in Cerrado formations: *D. anataliasiasi* (BOKERMANN, 1972), *D. araguaya* (NAPOLI & CARAMASCHI, 1998), *D. cachimbo* (NAPOLI & CARAMASCHI, 1999), *D. cerradensis* (NAPOLI & CARAMASCHI, 1998), *D. elianeae* (NAPOLI & CARAMASCHI, 2000), *D. jimi* (NAPOLI & CARAMASCHI, 1999), *D. rhea* (NAPOLI & CARAMASCHI, 1999), *D. rubicundulus* (REINHARDT & LÜTKEN, 1862), and *D. tritaeniatius* (BOKERMANN, 1965). A preliminary molecular phylogenetic analysis demonstrated that this species grouping did not constitute a monophyletic unit,

but this question deserves further attention (MEDEIROS et al. 2013). At present, *D. jimi* (MARTINS & JIM 2004) and *D. rubicundulus* (CARDOSO & VIELLIARD 1985) have had their advertisement calls described from their type localities, whereas those of *D. tritaeniatius* (TEIXEIRA et al. 2013) and *D. elianeae* (MARTINS & JIM 2004) are known only from outside their type localities.

Herein, we describe for the first time the advertisement calls of *Dendropsophus anataliasiasi* and *D. cachimbo* based on topotypical specimens and also provide additional data on morphometry and colour in life for both species. We also present a redescription of the advertisement call of topotypical *D. rubicundulus*, discussing acoustic features that facilitate distinguishing among species of the *D. rubicundulus* group.

Material and methods

Topotypical specimens and recordings were obtained from three localities: i) *D. anataliasiasi*: Brejinho de Nazaré (11°02'34" S, 48°35'24" W; 220 m a.s.l.), State of Tocantins; ii) *D. cachimbo*: Campo de Provas Brigadeiro Velloso, Cachimbo region (9°21'32" S, 54°43'26" W; 460 m a.s.l.), Municipality of Novo Progresso, Pará; and iii) *D. rubicundulus*: Municipality of Lagoa Santa (19°37'53" S, 43°53'17" W; 745 m a.s.l.), Minas Gerais. We based our de-

scription of *D. rubicundulus* calls on recordings obtained in the Serra do Cipó Mountain Range (about 40 km north-east of its type locality) (19°20'56" S, 43°47'03" W; 803 m a.s.l.).

Calls were recorded with digital equipment (M-audio Microtrack II) set at 48.0 kHz and 16-bit resolution, coupled to directional microphones (Sennheiser K6/ME66). Acoustic variables were analysed using Raven Pro 1.5 for Windows from The Cornell Lab of Ornithology (Bioacoustic Research Program 2012); settings were Hann window, window size 256 samples, 3 dB filter bandwidth 244 Hz, overlap (locked) 85%, and DFT size (locked) 1,024 samples. All other settings followed the "default" of Raven. Dominant frequency was obtained using the function "Peak frequency". Note repetition rate was quantified based on the number of calls emitted within one minute of each recording. Pulse rate was quantified as the number of pulses divided by note duration. Call nomenclature follows DUELLMAN & TRUEB (1994). Sound figures were obtained in the Seewave package (version 1.5.9) (Sueur et al. 2008), R (version 2.12.1) platform (R Development Core Team 2011), using Hanning window function, 85% overlap, and 256 points resolution (FFT).

We conducted a Principal Component Analysis (PCA) on a correlation matrix, taking individual mean values from seven acoustic features (note duration, pulse duration, number of pulses, dominant frequency, number of notes in series, pulse rate, and interval of notes when in series) of the advertisement calls of *D. cachimbo* and *D. rubicundulus*. The call of *D. anataliasiasi* was not included in the PCA since it is composed of two types of notes, which precludes a comparison with those two above-mentioned calls as they are composed of only one type of note. The PCA and its respective figure were produced using the R platform with the function "rda" in the Vegan package (version 2.0-10) (OKSANEN et al. 2013).

Collected specimens were euthanised in a 5% lidocaine, fixed in 10% formalin, and preserved in 70% ethanol. Adult males were measured using an ocular micrometer coupled to a stereomicroscope. Measurements larger than 10 mm were taken with callipers accurate to 0.1 mm. Nine measurements follow DUELLMAN (1970): snout-vent length (SVL), head length (HL), head width (HW), tympanum diameter (TD), eye diameter (ED), interorbital distance (IOD), internarial distance (IND), shank length (SL) (= tibia length), and foot length (FL), while two measurements follow HEYER et al. (1990): thigh length (TL) and hand length (HAL). Eye-nasal distance (END) follows NAPOLI & CARAMASCHI (1998). Recorded vouchers, analysed specimens (Appendix 1) and call records (Supplemental material 1) are in the Collection of Frogs of the Universidade Federal de Uberlândia (AAG-UFU), municipality of Uberlândia, state of Minas Gerais. Additional examined specimens (including type and topotypical material) are deposited in the following anuran collections: Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC), Mu-

seu de Biodiversidade do Cerrado, Universidade Federal de Uberlândia (AAG-UFU), and Coleção Herpetológica da Universidade de Brasília (Appendix 1).

Results

Species identification

The series of specimens collected in Brejinho de Nazaré, Tocantins, was assigned to *D. anataliasiasi* based on the following combination of characters: body narrow and elongate in shape, lateral limits of dorsum passing above the tympanum, presence, in some individuals, of parallel longitudinal lines from head towards sacral region, and advertisement call distinct from that described by CARDOSO & VIELLIARD (1985) for topotypical *D. rubicundulus*.

The series of specimens collected at Campo de Provas Brigadeiro Velloso, Cachimbo region, municipality of Novo Progresso, state of Pará, was assigned to *D. cachimbo* based on the following combination of characters: absence of dorsal stripes, lateral limits of dorsum passing above the tympanum, and advertisement call distinct from that described by CARDOSO & VIELLIARD (1985) for topotypical *D. rubicundulus*. The series of specimens collected in the municipality of Lagoa Santa and Serra do Cipó Mountain Range, Minas Gerais, was assigned to *D. rubicundulus* based on the following combination of characters: lateral limits of dorsum passing above the tympanum, presence, in some specimens, of two divergent stripes from the anterior section of the head to the sacral region and two sacral stripes, and advertisement call in accordance with the description by CARDOSO & VIELLIARD (1985).

Advertisement call of *Dendropsophus anataliasiasi* (211 calls from 10 males)

The call of *D. anataliasiasi* (Fig. 1, Tab. 1) is composed of two types of pulsed notes, herein referred to as notes A and B, both with similar dominant frequencies. Notes are emitted in series (A + B) from 2 to 4 notes (mean 2.4; SD = 0.3; N = 139). Calls are often formed by one note A followed by 1 to 3 notes B (mean 1.3; SD = 0.3; N = 152) (e.g., AB, ABB or ABBB); note A may be emitted alone, whereas note B is not emitted alone. Note A is emitted at a rate of 15 to 30 per minute (mean 21.8; SD = 4.4; N = 9), and pulse rate ranges from 95.2 to 381.0 pulses per second (mean 135.2; SD = 8.7; N = 192). Note A duration ranges from 21.0 to 69.0 ms (mean 52.1 ms; SD = 4.6; N = 192), pulses number from 5 to 9 (mean 7.0; SD = 0.6; N = 202). Pulse duration ranges from 5.0 to 10.0 ms (mean 7.6 ms; SD = 0.2; N = 199). Dominant frequency ranges from 3,843 to 4,312 Hz (mean 4,024 Hz; SD = 113.6; N = 194). Note B is emitted at a rate of 7 to 35 per minute (mean 17.5; SD = 8.5; N = 10), and repetition rate ranges from 90.9 to 200 pulses per second (mean 142.9; SD = 6.5; N = 162). Note B duration ranges from 13.0 to 34.0 ms (mean 22.7 ms; SD = 3.1; N = 165), pulses number from 2 to 4 (mean 3.2; SD = 0.4; N = 164).

Topotypic calls of three species of *Dendropsophus rubicundulus* group

Pulse duration ranges from 5 to 13 ms (mean 6.9 ms; SD = 0.3; N = 200). Dominant frequency ranges from 3,843 to 4,312 Hz (mean 4,023 Hz; SD = 118.0; N = 160).

When in series (e.g., ABB), notes are emitted at a rate of 29 to 55 per minute (mean 39.3; SD = 8.9; N = 10). Interval of notes when in series ranges from 131 to 176 ms (mean 147.8; SD = 6.8; N = 114).

Morphometric values for adult males of *D. anataliasiasi* are summarised in Table 2. An adult female has 23.2 mm SVL. Analysed specimens have a narrow elongate body, feet proportionally small (mean FL/SVL = 0.37; range: 0.35–0.41) in relation to SVL when compared to other ana-

lysed species of the *D. rubicundulus* group (mean FL/SVL = 0.46; range 0.42–0.50 in *D. cachimbo*; mean FL/SVL = 0.43; range: 0.40–0.46 in *D. rubicundulus*; Tab. 1); tympanum barely visible. Live specimens (Figs. 2A–B) have a green to brown dorsal colouration with a white vertebral pin-stripe. Dorsum immaculate or with a few dark dots, which often tend to form parallel longitudinal lines from head towards sacral region. Lateral limits of dorsum narrow and well defined, bordered above by a lighter (yellow) stripe from the nostrils towards the inguinal region, passing above the tympanum (Fig. 3). A straight brown stripe can be present, then delimiting the inner and outer edges of the shanks.

Figure 1. Advertisement call of toptypical *D. anataliasiasi* (one note A followed by two notes B). From top to bottom: waveform, respective spectrogram, power spectrum of the first note (note A) and of the second (note B). Sound file: Dendrop_anataliasiasi_BrejinhoNazare_TO_BFVT_AAG_MTc_7a 20:30h, 26 November 2011; air 28°C, water 25°C.

Table 1. Advertisement call of topotypical *Dendropsophus anataliasiasi*, *D. cachimbo*, and *D. rubicundulus*. N – number of analysed males. Mean $\pm$ SD (minimum–maximum).

Bioacoustic traits	<i>D. anataliasiasi</i> (N = 10)		<i>D. cachimbo</i>	<i>D. rubicundulus</i>
	Note A	Note B	(N = 14)	(N = 13)
Notes per call	1 $\pm$ 0 (1–1)	1.3 $\pm$ 0.3 (1–3)	7.1 $\pm$ 3.1 (1–35)	7.9 $\pm$ 0.5 (7.0–9.0)
Note duration (ms)	52.1 $\pm$ 4.6 (21–69)	22.7 $\pm$ 3.1 (13–34)	15.0 $\pm$ 1.9 (5–34)	19.3 $\pm$ 3.2 (10–32)
Pulses per note	7.0 $\pm$ 0.6 (5–9)	3.2 $\pm$ 0.4 (2–4)	2.1 $\pm$ 0.2 (3–1)	3.6 $\pm$ 0.4 (2–5)
Pulse duration (ms)	7.6 $\pm$ 0.2 (5–10)	6.9 $\pm$ 0.3 (5–13)	7.5 $\pm$ 0.7 (4–17)	5.3 $\pm$ 0.4 (2–11)
Pulse rate	135.2 $\pm$ 8.7 (95.2–381.0)	142.9 $\pm$ 6.5 (90.9–200.0)	148.2 $\pm$ 18.7 (66.7–333.3)	190.4 $\pm$ 17.7 (125–300)
Notes per minute	21.8 $\pm$ 4.4 (15–30)	17.5 $\pm$ 8.5 (7–35)	54.3 $\pm$ 22.5 (19–88)	58.5 $\pm$ 24.5 (23–110)
Dominant frequency (Hz)	4024 $\pm$ 113.6 (3843–4312)	4023 $\pm$ 118 (3843–4312)	4166 $\pm$ 153.2 (3890–4406)	3730 $\pm$ 235.8 (3093–4171)
Number of notes per series	1.3 $\pm$ 0.3 (1–3)		8.5 $\pm$ 3.0 (2–35)	3.1 $\pm$ 0.8 (2–10)
Inter-note interval in series (ms)	147.8 $\pm$ 6.8 (131–176)		288.60 $\pm$ 18.9 (221–418)	243.6 $\pm$ 20.9 (197–302)

Table 2. Morphometric variables (mm) of topotypes of *Dendropsophus anataliasiasi*, *D. cachimbo*, and *D. rubicundulus*. N – number of analysed specimens. Mean $\pm$ SD (minimum and maximum). * – Specimens of *D. anataliasiasi* have a barely visible tympanum.

Variables	<i>D. anataliasiasi</i> (N = 13)	<i>D. cachimbo</i> (N = 25)	<i>D. rubicundulus</i> (N = 16)
	Brejinho de Nazaré (TO)	Cachimbo (PA)	Lagoa Santa and Serra do Cipó (MG)
Snout–vent length (SVL)	21.0 $\pm$ 0.9 (20.0–23.2)	19.0 $\pm$ 0.7 (17.9–20.4)	20.4 $\pm$ 0.8 (18.8–21.7)
Head width	5.2 $\pm$ 0.2 (5.0–5.9)	6.3 $\pm$ 0.2 (5.8–6.9)	5.8 $\pm$ 0.4 (4.8–6.5)
Head length	5.3 $\pm$ 0.3 (4.6–5.8)	5.9 $\pm$ 0.3 (5.4–6.7)	4.6 $\pm$ 0.3 (4.0–5.0)
Eye diameter	1.9 $\pm$ 0.1 (1.8–2.1)	2.2 $\pm$ 0.1 (2.0–2.5)	1.9 $\pm$ 0.2 (1.7–2.5)
Tympanum diameter	– *	1.0 $\pm$ 0.1 (0.7–1.3)	0.9 $\pm$ 0.2 (0.5–1.0)
Foot length	7.9 $\pm$ 0.5 (7.0–9.0)	8.7 $\pm$ 0.4 (7.9–9.7)	7.9 $\pm$ 0.5 (7.0–9.0)
Hand length	5.1 $\pm$ 0.4 (4.2–5.6)	5.8 $\pm$ 0.4 (5.1–6.8)	8.7 $\pm$ 0.5 (7.5–9.6)
Shank length	9.2 $\pm$ 0.5 (8.5–10.2)	10.0 $\pm$ 0.3 (9.6–10.6)	9.8 $\pm$ 0.4 (8.8–10.6)
Thigh length	9.3 $\pm$ 0.4 (8.8–10.0)	10.0 $\pm$ 0.3 (9.5–10.7)	9.9 $\pm$ 0.4 (8.9–10.6)
Internarial distance	1.3 $\pm$ 0.1 (1.1–1.5)	1.6 $\pm$ 0.1 (1.5–1.9)	1.5 $\pm$ 0.1 (1.3–1.9)
Interorbital distance	1.5 $\pm$ 0.1 (1.3–1.8)	2.0 $\pm$ 0.2 (1.7–2.3)	2.0 $\pm$ 0.2 (1.7–2.5)
Eye–nostril distance	1.4 $\pm$ 0.1 (1.1–1.6)	1.5 $\pm$ 0.1 (1.3–1.8)	1.6 $\pm$ 0.1 (1.4–1.7)
Foot length/SVL	0.37 $\pm$ 0.01 (0.35–0.41)	0.46 $\pm$ 0.02 (0.42–0.50)	0.43 $\pm$ 0.02 (0.40–0.46)

Specimens were found calling perched on grassy or herbaceous vegetation in a permanent pond associated with a palm grove marsh.

Advertisement call of *Dendropsophus cachimbo*
(363 calls from 14 males)

The call of *Dendropsophus cachimbo* (Fig. 4, Tab. 1) is composed of one type of pulsed note emitted isolated or in series (75.7%) of 2 to 35 notes (mean 8.5; SD = 3.0; N = 109).

Number of notes per call ranges from 1 to 35 (mean 7.1; SD = 3.1; N = 144). Note duration ranges from 5 to 34 ms (mean 15.0; SD = 1.9; N = 363); number of pulses from 1 to 3 (mean 2.1; SD = 0.2; N = 367). Pulse duration ranges from 4 to 17 ms (mean 7.5; SD = 0.7; N = 304). Notes are emitted at a rate of 19 to 88 per minute (mean 54.3; SD = 22.5; N = 14), and pulse rate ranges from 66.7 to 333.3 pulses per second (mean 148.2; SD = 18.7; N = 363). Interval of notes when in series ranges from 221 to 418 ms (mean 288.6; SD = 18.9; N = 202). Dominant frequency ranges from 3,890 to 4,406 Hz (mean 4,166; SD = 153.2; N = 194).

Topotypic calls of three species of *Dendropsophus rubicundulus* group

Morphometric values for adult males of *D. cachimbo* are summarised in Table 2. An adult female has 23.7 mm SVL. Analysed specimens have a slender body shape, head wider than body, non-prominent eyes, interorbital region barely defined, and hands and feet robust. Live specimens have a green to brown dorsal colouration (Figs. 2C–D). Lateral limits of dorsum defined by a narrow dark stripe, running from the nostrils towards the inguinal region and passing above the superior limits of the tympanum, bordered above by a discrete lighter (yellow) stripe. The dorsum may be immaculate, but often has some or numerous darker spots in the sacral region. Spots are also often present on the dorsal faces of the shanks and forearms (Fig. 3). Specimens were found calling perched on grassy vegetation in a swampy field with muddy soil.

Advertisement call of *Dendropsophus rubicundulus*
(250 calls from 13 males)

The call of *Dendropsophus rubicundulus* (Fig. 5, Tab. 1) is composed of one type of pulsed note emitted isolated or in series of 2 to 10 notes (mean 3.1; SD = 0.8; N = 146).

Figure 2. Adult topotypic male of *Dendropsophus anataliasiasi* (A–B); *Dendropsophus cachimbo* (C–D) (photo by THIAGO R. DE CARVALHO); *D. rubicundulus* (E–F), in life.

Number of notes per call ranges from 1 to 10 (mean 2.3; SD = 0.6; N = 257). Note duration ranges from 10 to 32 ms (mean 19.3; SD = 3.2; N = 250); number of pulses from 2 to 5 (mean 3.6; SD = 0.4; N = 250). Pulse duration ranges from 2 to 11 ms (mean 5.3; SD = 0.4; N = 250). Notes are emitted at a rate of 23 to 110 per minute (mean 58.5; SD = 24.5; N = 13), and pulse rate ranges from 125.0 to 300.0 pulses per second (mean 190.4; SD = 17.7; N = 250). Interval of notes when in series ranges from 197 to 302 ms (mean 243.6; SD = 20.9; N = 122). Dominant frequency ranges from 3,093 to 4,171 Hz (mean 3,730; SD = 235.8; N = 247).

Morphometric values for adult males of *D. rubicundulus* are summarised in Table 2. Analysed specimens have a robust body shape, head as wide as body outline, prominent eyes, interorbital region well defined, and hands and feet robust. Live specimens have a green to brown dorsal colouration (Figs. 2E–F). Lateral limits of dorsum defined by a narrow dark stripe, running from the nostrils towards the inguinal region and passing above the superior limits of tympanum, bordered above by a discrete lighter (yel-

Figure 3. Dorsal and lateral views illustrating the distinctiveness in body shape, patterns of dorsal dots, and the lateral limits of dorsum of topotypes. A) *Dendropsophus anataliasiasi* (AAG-UFU 937; AAG-UFU 932; AAG-UFU 933); B) *Dendropsophus cachimbo* (AAG-UFU 1514; AAG-UFU 1506; AAG-UFU 1507); C) *Dendropsophus rubicundulus* (AAG-UFU 39, AAG-UFU 43, AAG-UFU 34).

low) stripe and below by a discrete lighter brown stripe. The dorsum may be immaculate, but often has some or numerous darker spots that tend to form two divergent dark stripes from the anterior section of the head to the sacral region, and two dark sacral stripes (Fig. 3). Dark spots are often present on the dorsal faces of the shanks. Specimens were found calling perched on grassy vegetation in temporary or permanent ponds.

Acoustic comparisons:
D. cachimbo and *D. rubicundulus*

The Principal Component Analysis of the advertisement calls of *D. cachimbo* and *D. rubicundulus* showed a clear separation of both species along the first axis (Fig. 6; Supplemental material 2–3), whereas there is no separation along the second axis. The first two Principal Components (PCs) accounted for around 84% of the overall bioacoustic variability among the calls of *D. cachimbo* and *D. rubicundulus*. Note duration, pulse duration, and number of pulses were the acoustic features that contributed the most to their separation. Individual mean values of the seven

features of the advertisement calls *D. cachimbo* and *D. rubicundulus* are presented in Figure 7.

Discussion

The advertisement call of *D. anataliasiasi* is unique among those species of the *D. rubicundulus* group whose calls are known by comprising two types of notes, a feature otherwise known from some other species of the *D. microcephalus* group, such as *D. microcephalus* (COPE, 1886) and *D. nanus* (BOULENGER, 1889) (MARTINS & JIM 2003, DUELLMAN 1970).

The values presented here for the advertisement call of *D. rubicundulus* are in accordance with those described by CARDOSO & VIELLIARD (1985). At present, available data on the advertisement calls of *D. rubicundulus* and *D. elianae* (MARTINS & JIM 2004, TEIXEIRA & GIARETTA unpubl. data) do not allow us to differentiate one from the other, as well as between *D. jimi* and *D. tritaeniatatus* (MARTINS & JIM 2004, TEIXEIRA et al. 2013), but the species in each of these pairs can be distinguished morphologically (TEIXEIRA et al. 2013). The call of *D. rubicundulus* presents a wide

Figure 4. A) Waveform (5.6-second section) of the advertisement call of *Dendropsophus cachimbo* (Novo Progresso, Pará). The out-lined note is detailed in B) spectrogram, C) waveform, and D) power spectrum. Sound file: Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_7a_BFVT_AAG_Mt 20:17h, 28 November 2012; air 26.7°C, water 26.6°C.

Figure 5. A) Waveform (1.2-second section) of the advertisement call of *Dendropsophus rubicundulus* (Lagoa Santa, Minas Gerais). The note outlined is detailed in B) spectrogram, C) waveform, and D) power spectrum. Sound file: DendropRubicundulus_LagoaSantaMG1cBFVT_TRCmt 19:33h, 18 November 2010; air 23.0°C, water 25.0°C.

Figure 6. Principal Component Analysis of the individual mean values of seven acoustic features of the advertisement calls of *D. cachimbo* (red dots) and *D. rubicundulus* (blue dots).

overlap regarding call duration, number of pulses, and dominant frequency when compared with described calls of *D. jimi* and *D. tritaeniatulus* (MARTINS & JIM 2004, TEIXEIRA et al. 2013), but can be distinguished by its shorter inter-note intervals in series and not exhibiting a pattern of emitting notes in series, as is present in the two mentioned species of the *D. tritaeniatulus* complex.

Although the calls of *D. cachimbo* and *D. rubicundulus* do not present unequivocal diagnostic features, we were able to separate the former from the latter by its shorter mean note duration, longer mean pulse duration, lower mean number of pulses per note, higher dominant frequency, higher number of notes per series, calls usually emitted in series, longer mean inter-note interval in series, and a lower mean pulse rate (Fig. 7), a combination of features that allows to distinguish them by ear. As we mentioned earlier, the advertisement calls of *D. rubicundulus* and *D. elianeae* are indistinguishable from each other, consequently, the call of *D. cachimbo* can also be distinguished from that of *D. elianeae* by its shorter mean note duration, longer mean pulse duration, lower mean number of pulses per note, higher dominant frequency, higher number of

notes per series, calls frequently emitted in series, longer mean inter-note interval in series, and a lower mean pulse rate. The remarkable tendency of emitting notes in se-

quence in the advertisement call of *D. cachimbo* is similar of those of *D. jimi* and *D. tritaeniatius* (TEIXEIRA et al. 2013), but *D. cachimbo* can be distinguished from either by the

Figure 7. Box Plots with amplitudes, medians, 1 and 3^o quartiles of individual mean values of seven features of the advertisement calls of *D. cachimbo* (CA) and *D. rubicundulus* (RU). Circles mark outliers.

Topotypic calls of three species of *Dendropsophus rubicundulus* group

shorter note duration (mean 15.0 ms) and lower number of pulses (mean 2.1 pulses per note), mean note duration of 32.0 ms, and mean of 3.4 pulses per note in *D. tritaeniatum* (TEIXEIRA et al. 2013), and mean note duration of 34.0 ms and mean of 4.0 pulses per note in *D. jimi* (MARTINS & JIM 2004), respectively.

The type series of *D. anataliasiasi* is composed of five specimens. In the original description, BOKERMANN (1972) provided five morphometric variables. We here improved the characterisation of the morphological and morphometric intraspecific variation of this species. NAPOLI & CARAMASCHI (1999) reported on males of *D. anataliasiasi* from state of Mato Grosso with a smaller SVL (18.9 mm). The different measuring procedures used by NAPOLI & CARAMASCHI (1999) for foot length preclude a comparison between their population and our topotypes with respect to the proportion of foot length to SVL. In general, the morphometric values and morphological features of *D. anataliasiasi*, *D. cachimbo*, and *D. rubicundulus* are in accordance with those presented by NAPOLI & CARAMASCHI (1999).

The green dorsal colouration in live specimens is the main pattern occurring in *D. anataliasiasi*, *D. cachimbo*, and *D. rubicundulus*, and represents a useful character to recognize them, but some specimens of all three species may present both greenish brown and brownish green hues. The presence of both colouration patterns in *D. rubicundulus*, varying even in the same individual, was previously reported by NAPOLI & CARAMASCHI (1999) for a series of four live specimens from Lagoa Santa (type locality), is herein reported for *D. anataliasiasi* and *D. cachimbo* as well. Nevertheless, if one analyses a series of specimens, the green dorsal colouration is promptly recognized as the main pattern in all three species.

As is shown in Table 1 in NAPOLI & CARAMASCHI (1999) and herein, the dorsal pattern of specimens of *D. anataliasiasi* and *D. rubicundulus* can vary from immaculate to having dots arranged in lines or irregularly. It is noteworthy that with just one specimen at hand, occasionally, one cannot identify the respective nominal species by assessing morphology only. With such extent of variance, we suggest that the pattern of dorsal stripes should not be employed, at least not solely, as a diagnostic character for *D. anataliasiasi* and *D. rubicundulus*. Still, the analysed specimens of *D. anataliasiasi* and *D. rubicundulus* present the same patterns as those described by NAPOLI & CARAMASCHI (1999), i.e., as follows: i) *D. anataliasiasi*: dorsum with nearly parallel stripes, the anterior ones joining with the sacral ones; ii) *D. rubicundulus*: dorsum with two divergent stripes from the anterior section of the head to the sacral region, and two sacral stripes extending to the cloacal region. The two afore-mentioned stripe patterns, when present, are exclusive to either *D. anataliasiasi* or *D. rubicundulus*, being an additional character to help distinguish one from the other in particular. Moreover, *D. anataliasiasi* can be distinguished from *D. rubicundulus* by its narrow elongate body shape (sensu BOKERMANN 1972), feet proportionally small, and advertisement call consisting of two

different types of pulsed notes, whereas *D. rubicundulus* has a more robust body shape, and advertisement call consisting of a single type of pulsed note. Since immaculate or loosely spotted dorsal patterns are present in *D. anataliasiasi* and *D. rubicundulus*, *D. cachimbo* can be distinguished from these two by body shape slender, spots often present on dorsal face of shanks, forearms, and sacral region, and advertisement call consisting of a single type of note, and presenting the combination of features that allows the distinction from *D. rubicundulus*, as mentioned afore.

Our efforts to obtain acoustic data of the *D. microcephalus* group are intended to create a database for comparative studies (e.g., phylogenetic signal evolution) to understand the evolution of the advertisement call in this frog group, in the manner already employed in studies of other frog groups (see COGROFT & RYAN 1995, ERDTMANN & AMÉZQUITA 2009, GINGRAS et al. 2012, GINGRAS et al. 2013).

Acknowledgements

Special thanks go to CHRISTINE STRÜSSMANN, WAGNER R. DA SILVA, and THIAGO R. DE CARVALHO for their critically reading a draft of this study report; and to LUCAS B. MARTINS and THIAGO R. DE CARVALHO for their assistance in the field. We are indebted to TENENTE CORONEL AVIADOR FRANCALACCI and his team for providing facilities at Cachimbo. This work was supported by CAPES, FAPEMIG and CNPq. CAPES provided a research grant to BFVT, CNPq to AAG. Collection permits: ICMBio/SISBIO 29954-3 and 02015.008064/02-51.

References

- Bioacoustic Research Program (2012): Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software Version 1.5. – <http://www.birds.cornell.edu/raven>.
- CARDOSO, A. J. & J. M. E. VIELLIARD (1985): Caracterização bioacústica da população topotípica de *Hyla rubicundula* (Amphibia, Anura). – *Revista Brasileira de Zoologia*, 2: 423–426.
- COGROFT, R. B. & M. J. RYAN (1995): Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. – *Animal Behavior*, 49: 283–303.
- DUELLMAN, W. E. (1970): The hylid frogs of Middle America. – *Monographs of the Museum of Natural History, the University of Kansas*, Lawrence, 473 pp.
- DUELLMAN, W. E. & L. TRUEB (1994): *Biology of Amphibians*. – McGraw-Hill Press, New York, 670 pp.
- ERDTMANN, I. & A. AMÉZQUITA (2009): Differential Evolution of Advertisement Call Traits in Dart-Poison Frogs (Anura: Dendrobatidae). – *Ethology*, 115: 801–811.
- FAIVOVICH, J., C. E. B. HADDAD, P. C. A. GARCIA, D. R. FROST, J. A. CAMPBELL & W. C. WHEELER (2005): Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. – *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 294: 1–240.
- FROST, D. R. (2013): *Amphibians Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. – Electronic Database accessible at

- <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA. Accessed on 17 February 2014.
- GINGRAS, B., M. BOECKLE, C. T. HERBST & W. T. FITCH (2012): Call acoustics reflect body size across four clades of anurans. – *Journal of Zoology*, **289**: 143–150.
- GINGRAS, B., E. MOHANDASAN, D. BOKO & W. T. FITCH (2013): Phylogenetic signal in the acoustic parameters of the advertisement call of four clades of anurans. – *BMC Evolutionary Biology*, **13**: 134.
- MARTINS, I. A. & J. JIM (2003): Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* in Botucatu, São Paulo, Brazil. – *Brazilian Journal of Biology*, **63**: 507–516.
- MARTINS, I. A. & J. JIM (2004): Advertisement call of *Hyla jimi* and *Hyla elianeae* (Anura, Hylidae) in the Botucatu region, São Paulo, Brazil. – *Brazilian Journal of Biology*, **64**: 545–554.
- MEDEIROS, L. R., L. B. LOURENÇO, D. C. ROSSA-FERES, A. P. LIMA, G. V. ANDRADE, A. A. GIARETTA, G. T. B. T. EGITO & S. M. RECCO-PIMENTEL (2013): Comparative cytogenetic analysis of some species of the *Dendropsophus microcephalus* group (Anura, Hylidae) in the light of phylogenetic inferences. – *BMC Genetics*, **14**: 59.
- NAPOLI, M. F. & U. CARAMASCHI (1998): Duas novas espécies de *Hyla* Laurenti, 1768 do Brasil central afins de *H. tritaeniata* Bokermann, 1965 (Amphibia, Anura, Hylidae). – *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia*, **391**: 1–12.
- NAPOLI, M. F. & U. CARAMASCHI (1999): Geographic variation of *Hyla rubicundula* and *Hyla anataliasiasi*, with the description of a new species (Anura, Hylidae). – *Alytes*, **16**: 165–189.
- NAPOLI, M. F. & U. CARAMASCHI (2000): Description and variation of a new Brazilian species of the *Hyla rubicundula* group (Anura, Hylidae). – *Alytes*, **17**: 165–184.
- OKSANEN, J., F. G. BLANCHET, R. KINDT, P. LEGENDRE, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS & H. WAGNER (2013): Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.1-10. – <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- R Development Core Team (2011): R Foundation for Statistical Computing. Version 3.0.2. – <http://www.R-project.org>.
- SUEUR, J., T. AUBIN & C. SIMONIS (2008): Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. – *Bioacoustics*, **18**: 213–226.
- TEIXEIRA, B. F. V., A. A. GIARETTA & A. PANSONATO (2013): The advertisement call of *Dendropsophus tritaeniatus*. – *Zootaxa*, **3669**: 189–192.
- ZAR, J. H. (1999): Biostatistical analysis. – Prentice-Hall, New Jersey, 718 pp.
- Progresso (topotypes): AAG-UFU 1489–1504; AAG-UFU 1506–1514; CHUNB 13098–13108; CHUNB 34445–34469; CHUNB 40178–40195.
- Dendropsophus elianeae*: MATO GROSSO DO SUL: Bela Vista (topotypes): AAG-UFU 0129–0142; Ribas do Rio Pardo: AAG-UFU 0160–0164; MINAS GERAIS: Uberlândia: AAG-UFU 4947–4750; AAG-UFU 2293–2296; AAG-UFU 2303–2304; Perdizes: AAG-UFU 1030–1032; Araporã: AAG-UFU 655–656; AAG-UFU 0895–0897; MATO GROSSO: Barra do Garças: AAG-UFU 4893–4895.
- Dendropsophus rubicundulus*: MINAS GERAIS: Lagoa Santa (topotypes): ZUEC 10767–10786; ZUEC 4146–4149; AAG-UFU 0021–0022; Serra do Cipó: AAG-UFU 0030–0044; AAG-UFU 0647–0650; Paracatu: AAG-UFU 0647–0650; AAG-UFU 1539–1540; AAG-UFU 0647–0650; São Gotardo: AAG-UFU 1749–1754; Moema: AAG-UFU 1784; Bambuí: AAG-UFU 0296; Curvelo: AAG-UFU 0306; Juatuba: AAG-UFU 0327; Vargem Bonita: AAG-UFU 0605; Buritis: AAG-UFU 1764–1768; Chapada Gaúcha: AAG-UFU 1985–1906; GOIÁS: Guarani de Goiás: AAG-UFU 1953–1961; TOCANTINS: Mateiros: AAG-UFU 2149; AAG-UFU 2160; AAG-UFU 2162; AAG-UFU 2250–2251; AAG-UFU 2268; AAG-UFU 2292; AAG-UFU 2300; AAG-UFU 2343; AAG-UFU 2360; Paraná: 3293–3305; MARANHÃO: Carolina: AAG-UFU 2833–2839; AAG-UFU 3264–3266.

Supplementary material

Additional information is available in the online version of this article at <http://www.salamandra-journal.com>

3 Supplementary tables

Table 1. AAG-UFU collection voucher numbers and their respective analysed sound archives.

Table 2. Eigenvectors, eigenvalues, and explained variation of the first three principal components of acoustic variables of topotypical *Dendropsophus cachimbo* and *D. rubicundulus*.

Table 3. Individual values of the three first Principal Components of the advertisement calls of *D. cachimbo* (CA) and *D. rubicundulus* (RUB).

Appendix I

Additional examined specimens

Dendropsophus anataliasiasi: type specimens: MZUSP 74204 (Ex. WCAB 45272); MZUSP-73790 (Ex. WCAB-45373); MZUSP 73788–73789 (Ex. WCAB 45257–45258); TOCANTINS: Brejinho de Nazaré (Topotypes): AAG-UFU 0926–0939; Formoso do Araguaia: ZUEC 10158; ZUEC 10170–10171; ZUEC 10177–10178; ZUEC 101201; Nova Olinda: MNRJ 73004; MNRJ 66823.

Dendropsophus cachimbo: type specimens: MNRJ 17298–17299; MZUSP 21910–21918; MZUSP 21920–21924; PARÁ: Novo

Online Supplementary material

TEIXEIRA, B. F. V. & A. A. GIARETTA (2015): Casting a foundation for taxonomy: advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura: Hylidae). – *Salamandra*, 51(2): 137–146.

3 Supplementary tables

Supplementary table 1. AAG-UFU collection voucher numbers and their respective analysed sound archives.

Voucher numbers	Sound archive
0931	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO1aBFVT_AAGmt
0932	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO2aBFVT_AAGmt
0933	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO3aBFVT_AAGmt
0934	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO4aBFVT_AAGmt
0935	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO5aBFVT_AAGmt
0936	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO6aBFVT_AAGmt
0937	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO7aBFVT_AAGmt
0938	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO8aBFVT_AAGmt
0939	Dendrop_anataliasiBrejinhoNazareTO9aBFVT_AAGmt
Unvouchered	Dendrop_anataliaTO1aTRC_AAGmt
Unvouchered	Dendrop_anataliaTO2aTRC_AAGmt
Unvouchered	Dendrop_anataliaTO3aTRC_AAGmt
1489	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_1a_BFVT_AAG_Mt
1490	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_2a_BFVT_AAG_Mt
1491	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_3a_BFVT_AAG_Mt
1492	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_4a_BFVT_AAG_Mt
1493	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_5a_BFVT_AAG_Mt
1494	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_6a_BFVT_AAG_Mt
1495	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_7a_BFVT_AAG_Mt
1496	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_8a_BFVT_AAG_Mt
1497	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_9a_BFVT_AAG_Mt
1498	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_10a_BFVT_AAG_Mt
Unvouchered	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_11a_BFVT_AAG_Mt
Unvouchered	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_12a_BFVT_AAG_Mt
Unvouchered	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_13a_BFVT_AAG_Mt
Unvouchered	Dendrop_cachimbo_NovoProgresso-PA_14a_BFVT_AAG_Mt
Unvouchered	DendropRubicundulus_LagoaSantaMG1cBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_LagoaSantaMG2aBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG2aBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG3aBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG4cBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG5aBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG7aBFVT_TRCmt
Unvouchered	DendropRubicundulus_SerraCipoMG8aBFVT_TRCmt
Unvouchered	Dendrop_rubicundMG1bTRC_BFVTmt
Unvouchered	Dendrop_rubicundMG2TRC_BFVTmt
Unvouchered	Dendrop_rubicundMG3TRC_BFVTmt
Unvouchered	Dendrop_rubicundMG4TRC_BFVTmt
Unvouchered	Dendrop_rubicundMG6bTRC_BFVTmt

Supplementary table 2. Eigenvectors, eigenvalues, and explained variation of the first three principal components of acoustic variables of topotypical *Dendropsophus cachimbo* and *D. rubicundulus*.

	PC1	PC2	PC3
Note Duration	-0.9840	0.9268	0.09781
Pulse duration	12.424	0.3993	0.24695
Number of pulses	-13.245	0.1727	0.07136
Dominant frequency	11.471	-0.5109	-0.31918
Number of note in series	11.389	-0.1278	0.69257
Pulse rate	-0.9577	-0.9135	0.07906
Inter-note interval in series	10.669	0.4700	-0.43394
Eigenvalues	4.6361	1.2354	0.44194
Explained variation	0.6623	0.1765	0.06313

Supplementary table 3. Individual values of the three first Principal Components of the advertisement calls of *D. cachimbo* (CA) and *D. rubicundulus* (RUB).

	PC1	PC2	PC3
RUB1	-0.8486	0.54862	-0.29491
RUB2	-10.388	0.93576	0.65364
RUB3	-0.5468	0.40084	-0.60629
RUB4	-0.8620	122.038	0.59649
RUB5	-0.6023	-0.76118	0.36827
RUB6	-0.6889	-150.122	0.07984
RUB7	-0.8503	-0.35838	-0.19289
RUB8	-0.5991	-0.02319	-0.74332
RUB9	-0.5857	0.50007	-0.80574
RUB10	-0.7122	-0.09930	0.57157
RUB11	-0.6476	-0.95552	0.26420
RUB12	-0.3045	-136.857	-0.60763
RUB13	-0.9179	0.50484	0.63764
CA1	0.7242	-124.250	122.007
CA2	0.3302	-0.30780	-0.22077
CA3	0.5753	0.40718	-0.25500
CA4	0.6765	-0.38473	-0.74835
CA5	10.125	0.22881	0.66302
CA6	0.6776	0.87676	-0.89490
CA7	0.5272	0.88841	0.65273
CA8	0.7499	-0.40212	-0.43817
CA9	0.8894	-0.01451	-0.39608
CA10	0.5853	-0.06077	-112.326
CA11	0.8222	0.34025	0.69667
CA12	0.3164	0.21982	-113.198
CA13	0.6728	0.66534	0.59059
CA14	0.6451	-0.25725	146.455

ANEXO C – Artigo no qual descrevemos o canto de anúncio e canto de coorte de *D. nanus* da localidade tipo (Resistencia AR).

Biota Neotropica 16(4): e20160183, 2016
www.scielo.br/bn

biota neotropica
ISSN 1676-0611 (online edition)

Short Communication

Advertisement and courtship calls of *Dendropsophus nanus* (Boulenger, 1889) (Anura: Hylidae) from its type locality (Resistencia, Argentina)

Bernardo Franco da Veiga Teixeira ^{1,2,*}, Víctor Hugo Zaracho ³ & Ariovaldo Antonio Giaretta ²

¹ Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brazil.

² Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotrópicos, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Rua 20 no 1.600, Bairro Tupã, 38304-402, Ituiutaba, MG, Brazil.

³ Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Av. Libertad 5470, (3400) Corrientes, Argentina.

* Corresponding author: e-mail: teixeirabfv@gmail.com

TEIXEIRA, B.F.V., ZARACHO, V.H., GIARETTA, A.A. Advertisement and courtship calls of *Dendropsophus nanus* (Boulenger, 1889) (Anura: Hylidae) from its type locality (Resistencia, Argentina). *Biota Neotropica*. 16(4): e20160183. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0183>

Abstract: *Dendropsophus nanus* was described from Resistencia, Argentina. The species distribution is widespread in South America east of the Andes. Despite its wide distribution, little information about its advertisement call is available in the literature. Call descriptions from type localities are especially important for the resolution of taxonomic issues, as well as for intraspecific comparisons. Herein we describe the advertisement and the male courtship calls of *D. nanus* from its type locality. The advertisement call of *D. nanus* is composed of two types of pulsed notes, herein referred to as “note A” (long note) and “note B” (short note), both with similar dominant frequencies, but different durations. The courtship call is formed by notes that are similar to notes A of the advertisement call, but emitted at lower amplitude. Previous studies demonstrated that the complex call of *Eleutherodactylus coqui* and *Geocrinia victoriana* convey separated messages to male and female. Although several previous experiments have been conducted to assess the acoustic interactions of some species of *Dendropsophus*, more studies are necessary to understand the functions of the two notes of the advertisement call of *D. nanus* and the calls of other species of the *D. microcephalus* group.

Keywords: Acoustic communication; *Dendropsophus microcephalus* group; Behavior.

Cantos de anúncio e corte de *Dendropsophus nanus* (Boulenger, 1889) (Anura: Hylidae) de sua localidade tipo (Resistencia Argentina).

Resumo: *Dendropsophus nanus* foi descrito de Resistencia, Argentina. Essa espécie está amplamente distribuída na América do Sul a leste dos Andes. Apesar da ampla distribuição, poucas informações sobre seu canto de anúncio estão disponíveis em literatura. Descrições de cantos de localidades tipo são especialmente importantes para a resolução de problemas taxonômicos, assim como para comparações intraespecíficas. Aqui, nós descrevemos os cantos de anúncio e de corte do macho de *D. nanus* de sua localidade tipo. O canto de anúncio de *D. nanus* é composto por dois tipos de notas, aqui referidas como “notas A” (nota longa) e “notas B” (nota curta), ambas com frequência dominante similar, mas com diferenças nas durações. O canto de corte é formado por notas que são similares à nota A do canto de anúncio, mas emitidas com menor amplitude. Estudos anteriores demonstraram que os cantos complexos de *Eleutherodactylus coqui* e *Geocrinia victoriana* transmitem mensagens separadas para machos e fêmeas. Embora vários experimentos anteriores terem sido realizados a fim de avaliar as interações acústicas de algumas espécies de *Dendropsophus*, mais estudos são necessários para entender as funções das duas notas do canto de anúncio de *D. nanus* e dos cantos de outras espécies do grupo de *D. microcephalus*.

Palavras-chave: Comunicação acústica, Grupo de *Dendropsophus microcephalus*, Comportamento.

Introduction

Sound production by animals is primarily a method of advertising the presence of an individual to another. In Anura, the vocalizations are produced especially by males. The categories of anuran calls are recognized based on the context in which they are emitted, such as advertisement call, courtship call, territorial call, release call, among others. The advertisement calls, main type of sound produced by anuran males, has two functions: (1) the attraction of a conspecific females, and (2) the announcement of an occupied territory to other conspecific and heterospecific males (Duellman & Trueb 1986, Wells 2007). The two primary functions of the advertisement call may be combined into one monophasic signal, which conveys separate messages to males and females, or they may be separated between the components of a diphasic call. In the case of diphasic calls, the notes are combined within a single unit or produced in a sequence (Littlejohn 1977).

Dendropsophus nanus was described by Boulenger (1889) from Resistencia, Argentina. The species distribution is widespread in South America east of the Andes (Frost 2015). Despite its wide distribution, little information on its advertisement call is available in the literature. Brief descriptions were provided by Barrio (1967), Basso et al. (1985), and Marquez et al. (1993), and, more recently, Martins & Jim (2003) recognized that the advertisement call of *D. nanus* was actually composed of two types of notes (diphasic call) that differed in duration and pulse number.

Call descriptions from type localities are especially important for the resolution of taxonomic issues, as well as for intraspecific comparisons. Herein we describe the advertisement call, and for the first time, the male courtship call of *D. nanus* from its type locality (Resistencia, Argentina).

Material and Methods

Fieldwork was carried out on 11 January 2011. Calls were recorded between 20:13–21:08 h (air temperature 25°C, water temperature 26°C) using a M-Audio Microtrack II digital recorder set at a sampling rate of 48 kHz and an amplitude resolution of 16 bits, coupled to a ME66/K6 directional microphone. Acoustic traits were analyzed using Raven Pro 1.4 for Windows from The Cornell Lab of Ornithology (Bioacoustic Research Program 2012); spectrogram settings were: window type = Hann, window size = 1024 samples, 3 dB bandwidth = 270 Hz, overlap = 85%, hop size = 0.792 ms, DFT size = 1024 samples, and grid spacing = 46.9 Hz. All other settings followed the 'default' of Raven. Temporal traits were measured from oscillograms and spectral traits were measured from spectrograms. Six acoustic variables were measured: note duration, number of pulses per note, pulse duration, dominant frequency (obtained through the Peak Frequency measurement function), pulse rate (quantified as the number of pulses divided by note duration), and call rate in the case calls were emitted in series (quantified as the number of notes divided by note series duration). Sound figures were obtained in the Seewave package v. 2.0.2 (Sueur et al. 2008), on the R platform (version 3.2.2) (R Core Team 2015); Seewave settings were Hanning window, 256 samples (FFT), and 85% of overlap. Call terminology follows Duellman & Trueb (1986). Voucher specimens are housed in the Collection of frogs at the Universidad Nacional del Nordeste (UNNEC), Corrientes, Argentina, under the following numbers: UNNEC 12429–39.

Results

The advertisement call of *D. nanus* (Figure 1) is composed of two types of pulsed notes (diphasic call), herein referred to as "note A" (long note) and "note B" (short note), both with similar dominant frequencies. Calls are often emitted in series from 2 to 6 notes (mean 2.4; SD = 0.4; N = 236). The series are formed by one note A followed by 1 to 5 notes B (e.g., AB, ABB or ABBB); note A may be emitted alone, whereas note B is only

emitted in series. Note A duration ranges from 29 to 56 ms (mean 41.2 ms; SD = 4.4; N = 145). Notes are formed by 7 to 15 pulses (mean 10.9; SD = 1.3; N = 124), pulse duration ranges from 2 to 11 ms (mean 3.7 ms; SD = 0.2; N = 163), and pulse rate ranges from 194 to 351 pulses per second (mean 265.8; SD = 20.9; N = 124). The dominant frequency ranges from 3,703 to 4,546 Hz (mean 4,246 Hz; SD = 165.2; N = 145).

Note B duration ranges from 13 to 31 ms (mean 21.1 ms; SD = 2.7; N = 134), and is formed by 3 to 9 pulses (mean 4.9; SD = 1.0; N = 110). Pulse duration ranges from 2 to 14 ms (mean 4.2 ms; SD = 0.7; N = 113), and pulse rate ranges from 143 to 360 pulses per second (mean 244.5; SD = 34.9; N = 113). The dominant frequency ranges from 3,937 to 4,593 Hz (mean 4,259 Hz; SD = 135.4; N = 134). When in series (e.g., ABB), notes are emitted at rates from 2.63 to 4.73 per second (mean 3.8; SD = 0.3; N = 86). Interval of notes within series ranges from 165 to 320 ms (mean 221.8; SD = 18.6; N = 117). The amplitude modulation in notes A and B is incomplete and variable in shape; in note B, the last pulse is longer than the other ones (Figure 1).

While recording the advertisement calls, two males suddenly decreased their note rate and amplitude in response to the approach of conspecific females. These calls were interpreted as male courtship calls, once the males kept emitting them until the amplexus. The courtship call (Figure 2; N = 2 courtship calls) is formed by notes that are similar to notes A of the advertisement call, emitted at a lower amplitude than advertisement calls (Figure 3). The calls are formed by 12 and 17 notes, with a note

Figure 1 – Advertisement call of *Dendropsophus nanus* from its type locality (Resistencia, Argentina). A) Spectrogram and its respective oscillogram of the notes A and B. B) power spectrum of the note A, and C) power spectrum of the note B. Sound file: *Dendropsophus nanus*_Resistencia_AR_1a_BFVT_Mtc.

Calls of *Dendropsophus nanus*

Figure 2 – Comparative oscillograms of advertisement calls and male courtship calls from two males of *D. nanus* (Resistencia, Argentina). Sound files: Dendrop_nanus_Resistencia_AR_5a_BFVT_Mtc; Dendrop_nanus_Resistencia_AR_10a_BFVT_Mtc.

Figure 3 – Spectrogram and its respective oscillogram of a note A of the advertisement call in comparison with a note of the male courtship call. Notice that the main difference is related to the relative sound amplitude of the calls. Sound file: Dendrop_nanus_Resistencia_AR_5a_BFVT_Mtc.

repetition rate of 2.4 and 1.4 notes per second, respectively. Note duration ranges from 37 to 54 ms (mean 47.1 ms; SD = 1.8; N = 29), pulse number from 7 to 13 (mean 11.8; SD = 0.3; N = 29). Pulse duration ranges from 3 to 10 ms (mean 4.0 ms; SD = 0.1; N = 39), and pulse repetition rate from 189 to 289 pulses per second (mean 251.4 ms; SD = 17.1; N = 29). The dominant frequency ranges from 3,750 to 4,547 Hz (mean 4,138 Hz; SD = 60.7; N = 29).

Discussion

Herein, we describe the courtship call of *D. nanus* composed of similar notes compared to notes A of the advertisement call, but emitted at lower amplitude and lower note repetition rate than in the advertisement call. Courtship calls are probably widespread in anurans, but have not been reported for many species because of the lack of detailed observations in courtship behavior (Wells 2007). Courtships calls may vary from simply lengthening their advertisement calls, increasing calling rates, or by giving

calls that are modified versions of the advertisement call, to complex calls composed of more than one type of courtship call. Sometimes, courtship calls are given at lower intensity than advertisement calls, perhaps to avoid alerting other males to the presence of a female (Wells 2007).

The values presented here for the advertisement call of *D. nanus* are in accordance with those described by Martins & Jim (2003) for a population from the Municipality of Botucatu, State of São Paulo, Brazil, distant about 1,200 km from Resistencia, Argentina. Although Barrio (1967), Basso et al. (1985) and Marquez et al. (1993) did not recognize two different types of notes in the call of *D. nanus* (diphasic call), the values presented by us encompass the ones presented by those authors for spectral and temporal traits of the calls.

In the *D. microcephalus* group, other seven species have their advertisement calls composed of two types of notes: *D. anataliasiasi* (Teixeira & Giaretta 2015), *D. gryllatus* (Duellman 1973), *D. microcephalus* (Duellman 1970), *D. rhodopeplus* (Duellman 1972), *D. phlebodes*, *D. robertmertensi*, and *D. sartori* (Duellman 1968). The advertisement call of *D. nanus* differs from that of *D. anataliasiasi* by different amplitude modulation (AM) patterns (low AM in *D. nanus*, high AM in *D. anataliasiasi*). From those of *D. gryllatus* (note A: 90–380 ms; note B: 20–80 ms), *D. microcephalus* (note A: 110–180 ms; note B: 50–140 ms), *D. rhodopeplus* (note A: 100–220 ms), *D. phlebodes* (note A: 70–160 ms; note B: 40–120 ms), *D. robertmertensi* (note A: 70–110 ms; note B: 30–60 ms), and *D. sartori* (note A: 70–90 ms; note B: 40–70 ms) (Duellman 1968, 1970, 1972, 1973, Teixeira & Giaretta 2015), by a shorter note duration (*D. nanus*: note A: 29–56 ms; note B: 13–31 ms).

A part from the typical diphasic calls, in some species as *Arixalus brachycephalus* Boulenger 1896, the two components of the call are not linked in a single unit or produced in sequence. Males often produce only one component for long periods of time (Backwell 1988). Other species possess more than two notes on the advertisement call, and they may represent a graded set of signals as reported by Smith & Roberts (2003) for *Litoria adelaidensis* Gray, 1841. Presumably, diphasic and graded calls have evolved from the simpler monophasic signals, more than once and in different groups, because they offer added advantages in the efficiency of communication. In functionally partitioned calls (Littlejohn & Harrison 1985; Narins & Capranica 1978), the male is capable of selectively modifying the proportion of call components in different social contexts (Arak 1983), in order to maximize the efficiency of response to their vocalizations (Backwell 1988).

Narins & Capranica (1978) and Littlejohn & Harris (1985) demonstrated that the calls of *Eleutherodactylus coqui* Tomas, 1966 and *Geocrinia victoriana* (Boulenger, 1888), composed of two different types of notes, convey separated messages to male and female. While the first note of the call conveys message to males, the second note conveys message to females. Similar experiments have never been conducted to test the functions of the two different note types in species of the *D. microcephalus* group, nor are there available descriptions of male courtship calls for this species group. However, several experiments were conducted to assess the intra- and interspecific acoustic interactions between the syntopic species *D. ebraccatus* (Cope, 1974), *D. microcephalus* (Cope, 1886) and *D. phlebodes* (Stejneger, 1906) (Schwartz & Wells 1984a, b, Schwartz 1987, Wells & Schwartz 1984, Wells & Greer 1981). The results showed that isolated males emitted introductory notes and, when in chorus (in intra- and interspecific interactions), males added secondary and/or aggressive notes to the call as a response to male interactions. Females preferred complex calls (composed of the two note types) instead of those only composed of introductory notes, even if these complex calls were composed of aggressive notes followed by secondary notes (Schwartz & Wells 1984a, b, Wells & Schwartz 1984, Schwartz 1987). Wells & Greer (1981) suggested for *D. ebraccatus* that the introductory note probably represents the principal female-attracting

signal, once males respond to the approach of non-calling individuals by emitting a rapid series of primary notes, and the secondary notes may serve a similar function as their structure resembles short segments of primary notes, which is reinforced by the female preference of complex calls for *D. microcephalus* (Schwartz 1987), but it was also demonstrated that the secondary notes have influence on the interactions between males (Schwartz & Wells 1984a, b, Wells & Schwartz 1984, Schwartz 1987).

As the male courtship call of *D. nanus* is composed of similar notes compared to notes A of the advertisement call, it seems that the patterns described for *E. coqui* and *G. victoriana* (Narins & Capranica 1978, Littlejohn & Harris 1985) are not the same pattern that is described here for *D. nanus*, whereas the results presented for *D. ebraccatus*, *D. microcephalus*, and *D. phlebodes* (Schwartz & Wells 1984a, b, Schwartz 1987, Wells & Schwartz 1984, Wells & Greer 1981) are more compatible with those presented here, which is expected because these species are more closely related. Once the results presented for *D. ebraccatus*, *D. microcephalus*, and *D. phlebodes* are not conclusive with respect to the messages conveyed by the two notes of their advertisement calls, more studies are necessary to understand the functions of the two notes of the call of *D. nanus* and those of other species in the *D. microcephalus* group.

Acknowledgement

We are grateful to Márcia C. D. Santos for field assistance, and to Thiago R. de Carvalho for critically reading the manuscript. To CNPq and FAPESP by financial supports. To CNPq by a research grant to AAG, and to CAPES by a doctoral fellowship to BFV. Permit for collection of specimens was provided by the Dirección de Fauna y Áreas Naturales Protegidas of the Chaco province, Argentina (Guía de tránsito N° 4993).

References

- ARAK, A. 1983. Vocal interactions, call matching and territoriality in a sri lankan treefrog, *Phyllanthus leucorhinus* (Rhacophoridae). *Anim. Behav.* 31: 292-302.
- BACKWELL, P. R. Y. 1988. Functional Partitioning in the Two-Part Call of the Leaf-Folding Frog, *Arixalus brachycephalus*. *Herpetologica* 44: 1-7.
- BARRIO, A. 1967. Sobre la validez de *Hyla sanborni* K. P. Schmidt e *H. uruguayana* K. P. Schmidt (Anura, Hylidae). *Physis* 26: 521-524.
- BASSO, G. N., PERI, S. I. & DI TADA, I. E. 1985. Revalidación de *Hyla sanborni*, Schmidt, 1944 (Anura, Hylidae). *Cuad. Herp.* 1(3): 1-11.
- BIOACOUSTIC RESEARCH PROGRAM. 2012. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. Version 1.5. URL: <http://www.birds.cornell.edu/raven>
- BOULENGER, G. A. 1889. On a collection of batrachians made by Prof. Charles Spazzini at Colonia Resistencia, South Chaco, Argentine Republic. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova. Serie 2*, 7: 246-249.
- DUELLMAN, W. E. & FOUQUETTE, Jr. M. J. 1968. Middle American frogs of the *Hyla microcephala* group. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 17(12): 517-557.
- DUELLMAN, W. E. 1970. The Hylid Frogs of Middle America. Monographs of the Museum of Natural History, University of Kansas. Lawrence.
- DUELLMAN, W. E. 1972. The systematic status and life history of *Hyla rhodopepla* Günther. *Herpetologica* 28: 369-375.
- DUELLMAN, W. E. 1973. Descriptions of new hylid frogs from Colombia and Ecuador. *Herpetologica* 29: 219-227.
- DUELLMAN, W. E. & TRUEB, L. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York.
- FROST, D. R. 2015. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. Available from: <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> (Access in February 2015).
- LITTLEJOHN, M. J. 1977. Long range acoustic communication in anurans: An integrated and evolutionary approach. In D. H. Taylor and S. I. Guttman (Eds.), *The Reproductive Biology of Amphibians*. Plenum Publishing Corporation, New York, p.263-294.
- MARQUEZ, R., DELA RIVA, I. & BOSCH, J. 1993. Advertisement call of Bolivian species of *Hyla* (Amphibia, Anura, Hylidae). *Biotropica*, 25(4): 426-443.
- MARTINS, I. A. & JIM, J. 2003. Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* in Botucatu, São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* 63: 507-516.
- NARINS, P. M. & CAPRANICA, R. R. 1978. Communicative significance of the two-note call of the treefrog *Eleutherodactylus coqui*. *J. Comp. Physiol.* 127:1-9.
- R-DEVELOPMENT CORE TEAM. 2015. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Available from: <http://www.R-project.org> (accessed in 2016).
- SCHWARTZ, J. J. & WELLS, K. D. 1984a. Interspecific acoustic interactions of the neotropical treefrog *Hyla ebraccata*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 14: 211-224.
- SCHWARTZ, J. J. & WELLS, K. D. 1984b. Vocal behavior of the neotropical treefrog *Hyla phlebodes*. *Herpetologica* 40(4): 452-463.
- SCHWARTZ, J. J. 1987. The importance of spectral and temporal properties in species and call recognition in a neotropical treefrog with a complex vocal repertoire. *Anim. Behav.* 35: 340-347.
- SMITH, M. J. & ROBERTS, J. D. 2003. Call repertoire of an Australian treefrog, *Litoria adelaidensis* (Anura, Hylidae). *J. R. Soc. West Aust.* 86: 91-95.
- SUEUR, J., AUBIN, T. & SIMONIS, C. 2008. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. – *Bioacoustics*, 18: 213-226.
- TEIXEIRA, B. F. V. & GIARETTA, A. A. 2015. Setting a fundament for taxonomy: advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura: Hylidae). *Salamandra* 51 (2): 137-146.
- WELLS, K. D. 2007. *The Ecology and Behaviour of Amphibians*. University of Chicago Press, Chicago.
- WELLS, K. D. & GREER, B. J. 1981. Vocal responses to conspecific calls in a neotropical hylid frog, *Hyla ebraccata*. *Copeia* 1981 (3): 615-624.
- WELLS, K. D. & SCHWARTZ, J. J. 1984. Vocal communication in a neotropical treefrog, *Hyla ebraccata*: advertisement call. *Anim. Behav.* 32: 405-420.

Received: 14/03/2016

Revised: 12/07/2016

Accepted: 08/09/2016

ANEXO D – Artigo no qual descrevemos o canto de anúncio de *D. tintinnabulum* de São Gabriel da Cachoeira e discutimos sua relação com as espécies do grupo de *D. microcephalus*.

Phyllomedusa 15(2):119–126, 2016
 © 2016 Universidade de São Paulo - ESALQ
 ISSN 1519-1397 (print) / ISSN 2316-9079 (online)
 doi: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v15i2p119-126>

Rediscovery of *Dendropsophus tintinnabulum* (Anura: Hylidae) in the upper Rio Negro Drainage (Amazonas, Brazil), with a description of its advertisement call and external morphology

Bernardo Franco da Veiga Teixeira^{1,2} and Ariovaldo Antonio Giarretta¹

¹ Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicais, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, Rua 20, 1.600, Bairro Tupã, 38304-402, Itumbeta, MG, Brazil.

² Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brazil. E-mail: teixeirabfv@gmail.com.

Abstract

Rediscovery of *Dendropsophus tintinnabulum* (Anura: Hylidae) in the upper Rio Negro Drainage (Amazonas, Brazil), with a description of its advertisement call and external morphology. *Dendropsophus tintinnabulum* is one of six species of the genus unassigned to any group. Voucher specimens and recordings of this taxon obtained during field work in the municipality of São Gabriel da Cachoeira and elsewhere in the district of Cucuí in Amazonas state, Brazil, permit a description of the advertisement call and external morphological features. Based on overall similarities in size, dorsal color, body shape, advertisement call, and preliminary genomic results, *D. tintinnabulum* is tentatively assigned to the *D. microcephalus* Group.

Keywords: Amazon, bioacoustics, *Dendropsophus microcephalus* Group.

Resumo

Redescoberta de *Dendropsophus tintinnabulum* (Anura: Hylidae) na bacia do Alto Rio Negro (Amazonas, Brasil) com a descrição do canto de anúncio e da morfologia externa. *Dendropsophus tintinnabulum* é uma das seis espécies de *Dendropsophus* que ainda não foi atribuída a nenhum dos grupos de espécies atualmente aceitos. Espécimes-testemunhos e gravações desse táxon obtidos durante trabalho de campo no município de São Gabriel da Cachoeira e no distrito de Cucuí, estado do Amazonas, Brasil, permitem a descrição do canto de anúncio e de caracteres da morfologia externa. A partir de todas as similaridades em relação ao tamanho corporal, padrão de coloração, formato do corpo, canto e dados genômicos preliminares, alocamos tentativamente *D. tintinnabulum* no grupo de *D. microcephalus*.

Palavras-chave: Amazônia, bioacústica, grupo de *Dendropsophus microcephalus*.

Received 20 January 2016
 Accepted 16 May 2016
 Distributed December 2016

Phyllomedusa - 15(2), December 2016

Introduction

As presently defined, the genus *Dendropsophus* Fitzinger, 1843 comprises almost 100 species placed in nine species groups (Faivovich *et al.* 2005) and six species unassigned to any group. One of these species, *D. tintinnabulum* (Melin, 1941), was described from northern Brazil based on collections from field expeditions to tropical regions of South America during the years 1923–1926. Since then, the species rarely has been reported in the literature (Lutz 1973, Azevedo-Ramos and Galatti 2002). During a field trip in the upper Rio Negro, we collected and recorded individuals of *Dendropsophus* that we assigned to *D. tintinnabulum* based on the original description and area of occurrence. Herein, 65 years after the original description, we describe the advertisement call and external morphological features based on recently collected examples of this poorly known Amazonian species.

Materials and Methods

Fieldwork was conducted in the municipality of São Gabriel da Cachoeira (0°09'43" S, 66°59'32" W; 79 m a.s.l.; 27 June 2014) and elsewhere in the district of Cucuí (1°11'55" S, 66°50'13" W; 88 m a.s.l.; 29 June 2014) in Amazonas state, Brazil.

Calls were recorded with a digital recorder (Marantz PMD 671) at a 48.0 kHz sampling rate and a 16-bit resolution (mono WAVE format file) coupled to a directional microphone (Sennheiser K6/ME67). Acoustic variables were analyzed using Raven Pro 1.5 for Windows from The Cornell Lab of Ornithology (Bioacoustic Research Program 2012); settings were Hann window function at FFT width 1024 samples, 3 dB filter bandwidth 244 Hz, overlap (locked) 85%, and DFT size (locked) 1,024 samples. All other settings followed the “default” of Raven Pro. Terminology of the call descriptions follows that of Duellman and Trueb (1994). Dominant frequency was obtained using the function “Peak frequency.” Pulse repetition rate was quantified as the number of pulses divided by note duration.

Sound figures were obtained in the Seewave package (Version 1.5.9) (Sueur *et al.* 2008), R (Version 2.12.1) platform (R Development Core Team 2014), using Hanning window function, 85% overlap, and 256 points resolution (FFT).

Specimens were euthanized in 5% lidocaine, fixed in 10% formalin and preserved in 70% ethanol, and identified based on Melin’s (1941) description of *Dendropsophus tintinnabulum*. Measurements were made with an ocular micrometer coupled to a stereomicroscope, and those greater than 10 mm were taken with calipers accurate to 0.1 mm. Nine measurements follow those defined by Duellman (1970): snout-vent length (SVL), head length (HL), head width (HW), tympanum diameter (TD), eye diameter (ED), interorbital distance (IOD), internarial distance (IND), shank length (SL) (= tibia length), and foot length (FL) and two measurements are those of Heyer *et al.* (1990)—thigh length (TL) and hand length (HAL). Eye-nostril distance (END) is as defined by Napoli and Caramaschi (1998).

Specimens examined and recordings along with the voucher specimens (Appendix I) are in the collection of frogs of the Universidade Federal de Uberlândia (AAG-UFG), Uberlândia municipality, Minas Gerais state, Brazil. Additional specimens examined are deposited in the following zoological collections: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo (MZUSP), and Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (MNRJ), Brazil. We were unable to obtain data for the three syntypes of *D. tintinnabulum* at Museum of Natural History of Gothenburg, Sweden. Preliminary results based on genetic data are not presented here because a phylogenetic study has been undertaken by another research group.

Results

Species Identification

The series of frogs from the municipality of São Gabriel da Cachoeira and its environs in the

Figure 1. *Dendropsophus tintinnabulum* from the municipality of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil. (A) AAG-UFU 3883; SVL = 17.4 mm; (B) AAG-UFU 3884; SVL = 19.2 mm; (C) AAG-UFU 3854; SVL = 18.4 mm (voucher).

district of Cucuí was assigned to *D. tintinnabulum* based on the following combination of characters: snout-vent length ranging from 16.4–19.2 mm (Table 1); head broader than body, vomerine teeth barely visible; snout triangular to rounded; large eyes, protruding beyond lateral sides of head; tympanum discretely visible; a small knob is present at the mandibular symphysis; prepollical tubercle large; slight, elliptical medial metatarsal tubercle, and lateral tubercle and tarsal fold absent. Skin smooth; belly and medial parts of thighs granular; axillary fold distinct; single and subgular vocal sac, yellowish orange; dorsal color in life varying from yellowish orange to greenish brown; dorsal color pattern varying from immaculate to possessing irregularly distributed brown dots; some frogs with broad stripe between eyes and along dorsum; dots variably present on shanks; toes and fingers orange; diffuse brown broad band along dorsolateral limits of body extending from the snout tip toward sacral region, upper edged by a light-colored stripe (Figures 1, 2).

Advertisement Call of Dendropsophus tintinnabulum (N = 3 recorded males)

The advertisement call (Figure 3) consists of one type of note with a pulsed structure emitted in groups (series) or isolated (mean: 1.35 notes per call; range: 1–4 notes; SD = 0.13; N = 60). Average call parameters are as follow: note duration, 16 ms (range: 10–21 ms; SD = 1.7; N = 80); number of pulses/note, 3 (range: 2–4; SD = 3.2; N = 78); pulse duration, 5.5 ms (range: 3.0–10.0; SD = 0.5; N = 47); pulse repetition rate, 188.9 pulses/s (range: 133.3–266.7; SD = 11.4; N = 78); and note repetition rate (within a series), 7.0 notes/s (range: 5.3–8.4; SD = 0.5; N = 15); inter-note interval in series of notes, 229 ms (range: 206–263; SD = 4; N = 20); and dominant frequency, 5691 Hz (range: 5343–5906; SD = 56.8; N = 82). A weak frequency peak occurs at about 12 kHz (2 of 3 males) and a third peak with relevant energy is present (2 of 3 males) in 17033 Hz (range: 16688–17344; SD = 195.1; N = 38). Individual values are presented in Table 2.

Table 1. Morphometric variables of *Dendropsophus tintinnabulum* (N = 8 males) from municipality of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil.

	Mean $\pm$ SD	Range
Snout-vent length	17.9 $\pm$ 0.8	16.4–19.2
Head length	5.7 $\pm$ 0.2	5.5–5.9
Head width	6.7 $\pm$ 0.3	6.0–7.0
Interorbital distance	2.1 $\pm$ 0.2	1.7–2.5
Internarial distance	1.3 $\pm$ 0.2	1.1–1.6
Eye-nostril distance	1.4 $\pm$ 0.1	1.2–1.5
Eye diameter	2.2 $\pm$ 0.1	2.1–2.5
Tympanum diameter	1.0 $\pm$ 0.1	0.8–1.2
Thigh length	9.7 $\pm$ 0.6	8.5–10.5
Shank length	9.9 $\pm$ 0.5	9.0–10.8
Hand length	5.2 $\pm$ 0.4	4.7–6.0
Foot length	8.0 $\pm$ 0.8	7.1–9.7

Figure 2. *Dendropsophus tintinnabulum* (AAG-UFG 3883), adult male from the municipality of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil. Lateral and dorsal views of the head and palmar and plantar views of hand and foot, respectively.

Male *Dendropsophus tintinnabulum* call from perches on herbaceous vegetation 0.2–1.0 m above the ground along the river margins (Rio Negro), typically in “Igapó” flooded-forest environments. Syntopic species include *Scinax cruentomimus* (Duellman, 1972), *Hypsiboas boans* (Linnaeus, 1758), *H. cinerascens* (Spix, 1824), *Leptodactylus validus* Garman, 1888, *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758), *Rhinella* sp. (*R. margaritifera* group), and *Scinax ruber* (Laurenti, 1798).

Discussion

The combination of snout-vent length, body shape, dorsal color patterns, and the large, prominent eyes of *Dendropsophus tintinnabulum* is most similar to this suite of characters in the Amazonian species of the *D. microcephalus* Group (i.e., *D. leali* [Bokermann, 1964]; *D. juliani* Moravec, Aparicio and Köhler, 2006; *D. reichlei* Moravec, Aparicio and Köhler, 2008; *D. riveroi* [Cochran and Goin, 1970]; and *D. coffea* Köhler, Jungfer, and Reichle, 2005). Based on these resemblances, the advertisement call, and the preliminary genetic analysis of *D.*

Rediscovery of *Dendropsophus tintinnabulum* in the Brazilian Amazonia

Figure 3. Advertisement call of *Dendropsophus tintinnabulum* from the municipality of São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil. Note the remarkably strong harmonic (3rd harmonic) that is about 17 kHz. (A) Waveform of a call sequence (1.8 s section); the note outlined is detailed in (B), along with its waveform, and (C) power spectrum. Sound file: Dendrop_tintinnabSaoGabrielAM1aTRC_AAGm671. Air temperature 30°C.

tintinnabulum, we tentatively assign *D. tintinnabulum* to the *D. microcephalus* Group.

Dendropsophus tintinnabulum differs morphologically from the other Amazonian members of the *D. microcephalus* Group as follows (*D. tintinnabulum* in brackets): *D. shiwiarum* Ortega-Andrade and Ron, 2013 and *D. ozzyi* Orrico, Peloso, Sturaro, Silva-Filho, Neckel-

Oliveira, Gordo, Faivovich, and Haddad, 2014 have pointed fingers discs (rounded in *D. tintinnabulum*); *D. juliani* has a green vocal sac (Moravec *et al.* 2006) (yellowish orange); *D. reichlei* has one or two small, white to cream spots below the eye (Moravec *et al.* 2008); and *D. microcephalus* (Cope, 1886), *D. nanus* (Boulenger, 1889), and *D. walfordi* (Bokermann,

Table 2. Advertisement call of *Dendropsophus tintinnabulum* specimens from São Gabriel da Cachoeira, Amazonas state, Brazil. Mean $\pm$ SD (range) [number of analyzed calls].

Traits	AAG-UFU 3856 (SVL = 17.5 mm)	AAG-UFU 3857 (SVL = 17.7 mm)	AAG-UFU 3854 (SVL = 18.4 mm)
Note duration (ms)	17.5 $\pm$ 2.1 (13.0–21.0) [20]	16.1 $\pm$ 1.6 (12.0–19.0) [40]	14.2 $\pm$ 2.4 (10.0–19.0) [20]
Pulse duration (ms)	17.5 $\pm$ 2.1 (13.0–21.0) [16]	17.5 $\pm$ 2.1 (13.0–21.0) [16]	17.5 $\pm$ 2.1 (13.0–21.0) [15]
Number of pulses per note	5.9 $\pm$ 1.7 (5.0–10.0) [16]	4.9 $\pm$ 0.9 (4.0–7.0) [16]	5.6 $\pm$ 1.4 (3.0–9.0) [15]
Peak frequency (Hz)	5770 $\pm$ 79.7 (5625–5906) [20]	5639 $\pm$ 91.6 (5343–5765) [41]	5665 $\pm$ 91.6 (5390–5906)
Third harmonic (Hz)	17228 $\pm$ 71.8 (17109–17344) [20]	16839 $\pm$ 85.0 (16688–17016) [18]	Not detected
Pulse repetition rate	184.2 $\pm$ 21.0 (157.9–230.7) [20]	201.8 $\pm$ 28.3 (157.9–266.7) [38]	180.6 $\pm$ 22.2 (133.3–230.8) [20]
Call group rate (notes per s)	6.9 $\pm$ 0.8 (6.1–8.0) [3]	7.6 $\pm$ 0.6 (6.3–8.4) [8]	6.6 $\pm$ 1.2 (5.3–7.8) [4]
Number of notes per call	1.3 $\pm$ 0.6 (1.0–3.0) [16]	1.3 $\pm$ 0.5 (1.0–3.0) [30]	1.5 $\pm$ 0.9 (1.0–4.0) [14]
Number of notes per sequence	2.3 $\pm$ 0.5 (2.0–3.0) [3]	2.1 $\pm$ 0.3 (2.0–3.0) [8]	2.8 $\pm$ 0.8 (2.0–4.0) [4]
Internote interval in series (s)	0.23 $\pm$ 0.19 (0.21–0.26) [4]	0.22 $\pm$ 0.01 (0.20–0.25) [9]	0.23 $\pm$ 0.01 (0.22–0.24) [7]

1962) have numerous dotted lines on dorsum (dots irregularly distributed). We did not find any reliable qualitative morphological differences between *D. leali*, *D. coffea*, *D. riveroi*, and *D. tintinnabulum*.

Acoustically, *Dendropsophus tintinnabulum* can be distinguished from the other Amazonian species of the *D. microcephalus* Group that have advertisement calls composed of one type of note. *Dendropsophus juliani* has a lower dominant frequency (dominant frequency 3300–4400 Hz vs. 5484–5812 Hz in *D. tintinnabulum*; Moravec *et al.* 2006). *Dendropsophus ozzyi* has a higher dominant frequency (9130–10136 Hz; Orrico *et al.* 2014). The note duration in other species of the group are as follow: *D. reichlei*, 68–112 ms (Moravec *et al.* 2008); 38 ms in *D. walfordi* (De la Riva *et al.* 1997); 53 ms in *D. shiwianum* (Ortega-Andrade and Ron 2013); 34–92 ms in *D. leali* (Marquez *et al.* 1993); 20–29

ms in *D. riveroi* (Marquez *et al.* 1993); and 60–116 ms in *D. coffea* (Köhler *et al.* 2005). The note duration is 10–21 ms in *D. tintinnabulum*.

In comparison with the species that occur in the adjacent biomes, the advertisement call of *Dendropsophus tintinnabulum* is most like those of *D. cachimbo* (Napoli and Caramaschi, 1999), *D. cruzi* (Pombal and Bastos, 1998), and *D. pseudomeridianus* (Cruz, Caramaschi, and Dias, 2000). In *D. tintinnabulum*, the dominant frequency (5484–5812 Hz) is higher than in *D. cachimbo* (3890–4406 Hz; Teixeira and Giarretta 2015). The note duration of *D. tintinnabulum* (10–21 ms) longer than in *D. cruzi* (7–9 ms; Pombal and Bastos 1998). Although there is an overlap in ranges of call values between *D. tintinnabulum* and *D. pseudomeridianus*, the former has a lower mean of pulse repetition rate (189 pulses/s) than *D. pseudomeridianus* (477 pulses/s; Caram *et al.* 2014).

Rediscovery of *Dendropsophus tintinnabulum* in the Brazilian Amazonia

Dendropsophus tintinnabulum was described from Uaupés River ("some days' journey north of Ipanoré", Melin 1941 page 29). Our record from Cucuí extends the distribution of the species to the upper Rio Negro to the Brazilian/Venezuelan/Colombian borders, around 200 km northeast of the type locality (Appendix I). *Dendropsophus tintinnabulum* probably has a wider distribution along the Rio Negro Drainage. Perhaps our data will be helpful in the assessment of additional distributional records for this Amazonian frog species.

Acknowledgments

Financial support was granted by CNPq and FAPEMIG. A research grant was conceded by CNPq to AAG. Doctoral fellowship was conceded by CAPES to BFVT. We are grateful to Thiago R. de Carvalho by help with the fieldwork and sharing audio recordings. Osmar Cordeiro, Odimar Cordeiro, and their families that provided invaluable assistance and logistics in the village of Cucuí. Access to the indigenous communities was facilitated by FOIRN (Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro) and FUNAI/SGC (Fundação Nacional do Índio/São Gabriel da Cachoeira). Collection permit was issued by ICMBio/SISBIO (30059-5).

References

- Azevedo-Ramos, C. and U. Galatti. 2002. Patterns of amphibian diversity in Brazilian Amazonia: conservation implications. *Biological Conservation* 103: 103–111.
- Bioacoustic Research Program. 2012. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. Version 1.5. URL: <http://www.birds.cornell.edu/raven>
- Caram, J., C. Luna-Dias, F. Hepp, and S. P. Carvalho-e-Silva. 2014. The advertisement call of *Dendropsophus pseudomeridianus* (Cruz, Caramaschi & Dias) (Anura: Hylidae). *Zootaxa* 3784: 294–296.
- De la Riva, I., R. Márquez, and J. Bosch. 1997. Description of the advertisement calls of some South American Hylidae (Amphibia, Anura): taxonomic and methodological consequences. *Bonner Zoologische Beiträge* 47: 175–185.
- Duellman, W. E. 1970. *The Hylid Frogs of Middle America*. Lawrence. Monographs of the Museum of Natural History. University of Kansas. 473 pp.
- Duellman, W. E. and L. Trueb (eds.). 1994. *Biology of Amphibians*. Baltimore. The John Hopkins University Press. 670 pp.
- Faivovich, J., C. F. B. Haddad, P. C. A. Garcia, D. R. Frost, J. A. Campbell, and W. C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294: 1–240.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. Cruz, O. L. Peixoto, and C. E. Nelson. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* 31: 231–410.
- Köhler, J., K. H. Jungfer, and S. Reichle. 2005. Another new species of small Hyla (Anura, Hylidae) from Amazonian sub-Andean forest of western Bolivia. *Journal of Herpetology* 39: 43–50.
- Lutz, B. 1973. *Brazilian Species of Hyla*. Austin. University of Texas Press. 265 pp.
- Marquez, R., I. De la Riva, and J. Bosch. 1993. Advertisement calls of Bolivian species of *Hyla* (Amphibia, Anura, Hylidae). *Biotropica* 25: 426–443.
- Melin, D. 1941. Contributions to the knowledge of the Amphibia of South America. *Göteborgs Kungliga Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles Handlingar Följd, Series B* 1: 1–71.
- Moravec, J., J. Aparicio, and J. Köhler. 2006. A new species of tree frog, genus *Dendropsophus* (Anura: Hylidae), from the Amazon of northern Bolivia. *Zootaxa* 1327: 23–40.
- Moravec, J., J. Aparicio, M. Guerrero-Reinhard, G. Calderon, and J. Köhler. 2008. Diversity of small Amazonian *Dendropsophus* (Anura: Hylidae): another new species from northern Bolivia. *Zootaxa* 1918: 1–12.
- Napoli, M. F. and U. Caramaschi. 1998. Duas novas espécies de *Hyla* Laurenti, 1768 do Brasil central afins de *H. tritaeniata* Bokermann, 1965 (Amphibia, Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia* 391: 1–12.
- Orrico V. G. D., P. L. V. Peloso, M. J. Sturaro, H. F. Silva-Filho, S. Neckel-Oliveira, M. Gordo, J. Faivovich, and C. F. B. Haddad. 2014. A new "bat-voiced" species of *Dendropsophus* Fitzinger, 1843 (Anura, Hylidae) from the Amazon basin, Brazil. *Zootaxa* 3881: 341–361.

- Ortega-Andrade, H. M. and S. R. Ron. 2013. A new species of small tree frog, genus *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) from the eastern Amazon lowlands of Ecuador. *Zootaxa* 3652: 163–178.
- Porab Jr., J. P. and R. P. Bastos. 1998. Nova espécie de *Hyla* Laurenti, 1768 do centro-oeste brasileiro e a posição taxonômica de *Hyla microcephala werneri* Cochran, 1952 e *H. microcephala meridiana* B. Lutz, 1952 (Anura, Hylidae). *Boletim do Museu Nacional* 390: 1–14.
- R Development Core Team. 2014. R Foundation for Statistical Computing. Version 3.1.0. URL: <http://www.R-project.org>
- Sueur, J., T. Aubin, and C. Simonis. 2008. Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics* 18: 213–226.
- Teixeira, B. F. V. and A. A. Giarretta. 2015. Setting a fundament for taxonomy: advertisement calls from the type localities of three species of the *Dendropsophus rubicundulus* group (Anura: Hylidae). *Salamandra* 51: 137–146.

Editor: Jaime Bertoluci

Appendix I. Specimens examined.

Dendropsophus tintinnabulum: BRAZIL: AMAZONAS: São Gabriel da Cachoeira: AAG-UFU 3854–3857, Distrito de Cucuí 3882–3884; Taracú: MZUSP 118212–118213.

Dendropsophus leali: type specimens: MZUSP 74210 (Ex. WCAB 10397); MZUSP 74483–74486 (EX. WCAB 10379, 10388, 10390, 10394).

Dendropsophus riveroi: COLOMBIA: AMAZONAS: Leticia MZUSP 95883–95886 (Ex. WCAB 11751–11754) (Topotypes).

Dendropsophus cruzi: type specimens: MNRJ 21782; GOIÁS: Silvânia: AAG-UFU 1987–1990 (Topotypes).

Dendropsophus walfordi: type series: MZUSP 73652 (Ex. WCAB 8436); MZUSP 74019–74041; topotype specimens: AAG-UFU 5306–5327.

Appendix II. AAG-UFU collection voucher number and labels of the related analyzed sound files.

Voucher number	Sound file labels
3856	Dendrop_tintinnabSaoGabrielAM1aTRC_AAGm671
3857	Dendrop_tintinnabSaoGabrielAM2TRC_AAGm671
3854	Dendropsophus_tintinnabulum_SaoGrabrielDaCachoeira_AM_1b_BFVT_AAG_m671

ANEXO E – Publicações adicionais, não diretamente relacionadas ao tema da tese.

Herpetology Notes, volume 6: 439–446 (2013) (published online on 23 September 2013)

Intraspecific variability of the advertisement call of *Chiasmocleis albopunctata* (Anura: Microhylidae): note structure as an additional diagnostic character within the genus

Thiago Ribeiro de Carvalho ^{1,2,*}, Bernardo Franco da Veiga Teixeira ^{1,2}, Lucas Borges Martins ^{1,2}
and Ariovaldo Antonio Giaretta ¹

Abstract. We analyzed the intraspecific variability of the advertisement call of *Chiasmocleis albopunctata* and provide an additional diagnostic character (note structure) for this species to distinguish it from other congener species. Specimens and vocalizations were obtained in Teresina de Goiás, northern State of Goiás, central Brazil. The advertisement call consists of long series of multipulsed notes emitted at irregular intervals. Note structure consists of two distinctive pulse groups, the first one is usually formed by two pulses or rarely by one pulse, often with greater amplitude; and the second one, which is formed by the remaining pulses (5–8). An increment in amplitude can be observed in the second pulse group, particularly in the last pulse. The pulse groups are separated by a short interval (< 10 ms). Our bioacoustic data embraced almost all the range of values in temporal and spectral traits from previous descriptions. The distinctive two-pulse group note structure of *C. albopunctata* distinguishes it from all congeners with described calls, except for *C. mehelyi*. Our study sheds light on the usefulness of bioacoustic databases as a reliable source of data that could enhance further taxonomic and systematic studies.

Keywords. Bioacoustics, Cerrado, Goiás.

Introduction

Animal communication plays an important role in sexual attraction, reproductive success, parental care, and anti-predatory defense (Krebs and Davies, 1996). The importance of acoustic signals in natural and sexual selection, and diversification of species have extensively been documented (Cocroft and Ryan, 1995; Gerhardt and Huber, 2002; Robillard, Höbel and Gerhardt, 2006). Acoustic signals related to species recognition and mate choice are liable for strong selective pressures (see Erdmann and Amézquita, 2009). Other biotic (e.g., size,

closely related taxa occurring in syntopy) and abiotic (e.g., temperature, habitat structure, and microhabitat of vocalization) features might also have an influence on the evolution of acoustic signals (Wells, 1977; Gerhardt, 1992).

Differences in acoustic signals in anurans are an important pre-zygotic barrier (Blair, 1955, 1958; Fouquette, 1960; Littlejohn, 1965), evidencing their usefulness in species recognition and complementary information for taxonomic studies (Heyer et al., 1996; Padial et al., 2008; Carvalho, 2012). The advertisement call is the main acoustic signal given by males during the breeding season, and often conveys more than one type of message (Gerhardt, 1992). Also, it usually serves two main functions: the attraction of conspecific females, and the advertisement of a male's position to other conspecific males, which helps maintaining spacing between calling males (Blair, 1958; Wells, 2007). Moreover, the advertisement call comprises additional sets of information related to size. For instance, individual discrimination of calling males (Narins et al., 2007; Gasser, Amézquita and Hödl, 2009).

The genus *Chiasmocleis* currently comprises 25 species distributed in Central America and South

¹Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotrópicos. Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rua 20, 1600, 38304-402, Inuitaba, Minas Gerais, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

*Corresponding author: thiago_decarvalho@yahoo.com.br

TERMS OF USE

This pdf is provided by Magnolia Press for private/research use.
Commercial sale or deposition in a public library or website is prohibited.

Zootaxa 3746 (2): 383–392
www.mapress.com/zootaxa/
Copyright © 2013 Magnolia Press

Article

ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3746.2.8>

<http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:38E6A09F-0CF4-46FB-84B7-7DF0369A02F8>

New bioacoustic and distributional data on *Bokermannohyla sapiranga* Brandão et al., 2012 (Anura: Hylidae): revisiting its diagnosis in comparison with *B. pseudopseudis* (Miranda-Ribeiro, 1937)

THIAGO RIBEIRO DE CARVALHO^{1,2,3}, ARIIVALDO ANTONIO GIARETTA¹,
BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA^{1,2} & LUCAS BORGES MARTINS^{1,2}

¹Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicals, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rua 20, 1600, 38304-402, Itaútaba, Minas Gerais, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

³Corresponding author. E-mail: thiago_decarvalho@yahoo.com.br

Abstract

In this paper, we provide new bioacoustic and distributional data on *Bokermannohyla sapiranga*, as well as additional comparative bioacoustic data on topotypes of *B. pseudopseudis*, and re-evaluate the differential diagnosis of the former species with respect to the latter. Head shapes (dorsal and lateral views) presented such variation that should not be used to differentially diagnose them as originally proposed. On the other hand, the presence of a dermal ridge along outer tarsi, and color patterns of the eyes and dorsal surface of hand/toe disks still represent diagnostic characters between both species. We also found differences in temporal (call duration; notes per call), spectral (dominant frequency; harmonics), and structural (pulsed/non-pulsed note structure) traits of their calls. Distribution of *B. sapiranga* is extended eastward (Paracatu), which corresponds to the first record for the State of Minas Gerais, whereas *B. pseudopseudis* distribution seems to be restricted to rocky montane field environments of northern Goiás State.

Key words: Advertisement call, Cerrado domain, rocky montane fields, taxonomy

Introduction

The *Bokermannohyla pseudopseudis* (Miranda-Ribeiro, 1937) species group (*sensu* Faivovich et al. 2005) currently comprises nine species distributed in highlands of central (Chapada dos Veadeiros and Planalto Central), southeastern (Serra da Canastra and Espinhaço mountain ranges), and northeastern Brazil (Chapada Diamantina), usually associated with rocky montane fields (Leite et al. 2011, 2012; Brandão et al. 2012). *Bokermannohyla pseudopseudis* was described from the Chapada dos Veadeiros, Alto Paraíso de Goiás Municipality, Goiás State (Miranda-Ribeiro 1953), and was thought to also occur southward in the Distrito Federal (Pombal & Caramaschi 1995). Recently, this southern population was named, *Bokermannohyla sapiranga* Brandão et al., 2012, and was reported to occur in a few municipalities of Goiás (Pirenópolis, Cristalina, and Catalão) in addition to its type locality, and had its advertisement call described from Distrito Federal and Pirenópolis (Brandão et al. 2012).

In this paper, we provide new bioacoustic and distributional data on *B. sapiranga* and additional bioacoustic data on *B. pseudopseudis*, and a re-evaluation, mainly through a bioacoustic approach, of *B. sapiranga* differential diagnosis in comparison with *B. pseudopseudis*.

Material and methods

Specimens and calls of topotypes of *B. pseudopseudis* were obtained at the Fazenda São Bento (14°10'30.56" S;

Intraspecific variation and new distributional records for *Pseudopaludicola* species (Anura, Leptodactylidae, Leiuperinae) with trilled advertisement call pattern: diagnostic characters revisited and taxonomic implications

Thiago Ribeiro DE CARVALHO^{1,2,*}, Bernardo Franco DA VEIGA TEIXEIRA^{1,2},
Lucas Borges MARTINS^{1,2} and Ariovaldo Antonio GLARETTA¹

1. Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicals, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rua 20, 1600, 38304-402, Ituiutaba, Minas Gerais, Brazil.

2. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FBCEP, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil.

*Corresponding author, T. R. De Carvalho, E-mail: thiago_decarvalho@yahoo.com.br

Received: 05. December 2014 / Accepted: 20. February 2015 / Available online: 02. August 2015 / Printed: December 2015

Abstract. Herein, we conduct a comparative study based mainly on the acoustic variation of calls of four *Pseudopaludicola* species that share a trilled advertisement call pattern, as well as revisit their diagnoses, and update their distribution. Acoustic variation was helpful for species delimitation: two temporal traits distinguished *P. fuscus* from *P. hylastralis*, and both species from *P. anga* and *P. parva*, whereas the latter two species could not be distinguished from each other. Therefore, additional evidence is required to establish the taxonomic status of *P. parva* in relation to *P. anga*, since neither morphology, body size, color patterns, or bioacoustics supported the separation between these species. This frog genus has a conservative morphology and a great variety of calling patterns. Therefore, the association between specimens and calling patterns is crucial for more reliable species identifications and understanding its distributional patterns and implications for conservation.

Key words: Amphibia, bioacoustics, cryptic species, diagnosis, taxonomy.

Introduction

The genus *Pseudopaludicola* Miranda-Ribeiro currently comprises 18 species distributed throughout South America (Frost 2014). This genus has been diagnosed using external morphology and osteological features (Lynch 1971, 1989). The monophyly of the genus has been supported by phylogenetic analyses based on external morphology and osteology (Lobo 1995), and recently molecular data (Veiga-Menoncello et al. 2014).

A recent study (Veiga-Menoncello et al. 2014) recovered a clade that shared the same karyotype (2n=18), containing *P. anga* Glareta & Kolubum, 2003, *P. fuscus* Andrade & Carvalho, 2013, *P. atragula* Panzonato et al., 2014b [referred as *Pseudopaludicola* sp. 2 (aff. *anga*)], and *P. aff. anga* from Maranhão, northeastern Brazil. Other two species (*P. hylastralis* Panzonato et al. 2012 and *P. parva* Roberto, Cardoso & Ávila, 2013) were not included in that analysis, but both species share with that group the distinctive trilled advertisement call composed of well-defined series of non-pulsed (except for *P. atragula*, which has a pulsed call). Thus, it might be hypothesized that they are related to those taxa.

Species identity of two *Pseudopaludicola* popu-

lations with trilled call pattern recently collected in Tocantins (northern Brazil) could not be unambiguously assigned to species based on morphological, morphometric, and acoustic data available. Therefore, here provide a comparative study based on acoustic variation of calls of all four *Pseudopaludicola* species sharing a trilled advertisement call pattern (*P. anga*, *P. fuscus*, *P. hylastralis* and *P. parva*). Data were obtained both in the field and from their original descriptions, and analyzed with the same standards. Our results contribute to a better assessment of the specific identities of these four species, and an update of their distribution.

Material and methods

Field work was conducted in five municipalities: Limeira do Oeste (19°18'04" S, 50°47'20" W; ca. 390 m a.s.l.), Uberlândia (18°56'38" S, 48°16'18" W; ca. 860 m a.s.l.), Minas Gerais State, southeastern Brazil; Palmeiras de Goiás (16°50'48" S, 49°51'51" W; ca. 610 m a.s.l.), Goiás State, central Brazil; Mateiros (10°34'40" S, 46°29'26" W; ca. 615 m a.s.l.) and Palmas (10°12'33" S, 48°13'54" W; ca. 550 m a.s.l.), Tocantins State, northern Brazil. Localities cited earlier and additional localities are plotted in Figure 1.

***Scinax cruentommmus* (Anura: Hylidae) in the upper Rio Negro drainage, Amazonas state, Brazil, with the redescription of its advertisement call**

Thiago R. de Carvalho ^{1,2}, Bernardo F. V. Teixeira ^{1,2}, William E. Duellman ³, and Ariovaldo A. Giaretta ¹

¹ Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicais, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rua 20, 1600, 38304-402, Ituiutaba, Minas Gerais, Brazil. E-mail: thiago_decarvalho@yahoo.com.br.

² Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Departamento de Biologia/FFCLRP, Universidade de São Paulo, Avenida dos Bandeirantes, 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil.

³ Biodiversity Institute, University of Kansas Lawrence, Kansas 66045-7561, USA.

Abstract

Scinax cruentommmus (Anura: Hylidae) in the upper Rio Negro drainage, Amazonas state, Brazil, with the redescription of its advertisement call. We provide the first record for *Scinax cruentommmus* from the upper Rio Negro, Amazonas state, Brazil. We also redscribe its advertisement call and make acoustic comparisons with available data for other species of the *Scinax ruber* Clade in the Amazon Basin. With the assessment of further data on *S. cruentommmus*, the acoustic traits have supplemented its congeneric diagnosis in comparison with the other Amazonian species of the *S. ruber* Clade besides the features proposed in its original description.

Keywords: Bioacoustics, distribution patterns, *Scinax ruber* Clade, taxonomy.

Resumo

Scinax cruentommmus (Anura: Hylidae) na bacia do alto Rio Negro, Amazonas, Brasil, com a redescricao do seu canto de anúncio. Nós apresentamos o primeiro registro de *Scinax cruentommmus* no alto Rio Negro, Amazonas, Brasil. Nós também redescrivemos o seu canto de anúncio e fazemos comparações acústicas com os dados disponíveis para outras espécies do Clado de *Scinax ruber* da bacia amazônica. Com a obtenção de novos dados para *S. cruentommmus*, os parâmetros acústicos suplementaram a sua diagnose congenerica em relação às outras espécies amazônicas do Clado de *S. ruber* além das características propostas em sua descrição original.

Palavras-chave: Bioacústica, Clado de *Scinax ruber*, padrões de distribuição, taxonomia.

Received 22 May 2015.

Accepted 19 November 2015.

Distributed December 2015.

Papéis Avulsos de Zoologia

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo

Volume 55(##):A-J, 2015

www.mz.usp.br/publicacoes

ISSN impresso: 0031-1049

www.revistas.usp.br/paz

ISSN on-line: 1807-0205

www.scielo.br/paz

INTRASPECIFIC VARIATION IN ACOUSTIC TRAITS AND BODY SIZE, AND NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS FOR *PSEUDOPALUDICOLA GIARETTAI* CARVALHO, 2012 (ANURA, LEPTODACTYLIDAE, LEIUPERINAE): IMPLICATIONS FOR ITS CONGENERIC DIAGNOSIS

THIAGO RIBEIRO DE CARVALHO^{1,2,4}

LUCAS BORGES MARTINS^{1,2}

BERNARDO FRANCO DA VEIGA TEIXEIRA^{1,2}

LEANDRO BRAGA GODINHO³

ARIOVALDO ANTONIO GIARETTA¹

ABSTRACT

In this paper, we provide an updated diagnosis for Pseudopaludicola giarettai based on the morphometric and acoustic variation observed with the assessment of new populations, plus an expansion of its distribution range. Our results support that all acoustic variation observed might be attributed to intraspecific variation. The variation in body size and dorsal stripe patterns observed for Pseudopaludicola giarettai reinforces that the distinctive whistling advertisement call pattern is the most reliable evidence line to diagnose it from its congeners, whereas morphological (robust body, glandular dorsum) and morphometric (body size) features vary considerably within and among populations so that they should no longer be employed as diagnostic features of Pseudopaludicola giarettai.

KEY-WORDS: Bioacoustics; Minas Gerais; Taxonomy.

INTRODUCTION

The genus *Pseudopaludicola* currently comprises 18 species distributed throughout South America (Frost, 2014). This genus was traditionally defined by external morphology and osteological features (Lynch

1971, 1989). The monophyly of the genus was later assessed through phylogenetic analyses based on external morphology and osteology (Lobo, 1995), and, more recently, molecular data (Veiga-Menoncello *et al.*, 2014). In both Lobo's (1995) and Veiga-Menoncello *et al.*'s (2014) hypotheses, a few species were

¹ Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Ecologia Comportamental de Anuros Neotropicais, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Rua Vinte, 1.600, Bairro Tupã, CEP 38304-402, Ituiutaba, MG, Brasil.

² Universidade de São Paulo – USP, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Avenida dos Bandeirantes, 3.900, Vila Monte Alegre, CEP 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

³ Universidade Federal de Viçosa – UFV, Departamento de Biologia Animal, Museu de Zoologia João Moojen.

Avenida Peter Henry Rolfs, s/nº, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

⁴ E-mail to corresponding author: thiago_decarvalho@yahoo.com.br

<http://dx.doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.##>

First record of *Boana alfaroi* (Caminer & Ron, 2014) (Anura: Hylidae) in Brazil

Thiago Ribeiro de Carvalho,^{1,2} Davi Lee Bang,^{1,2} Bernardo Franco da Veiga Teixeira,^{1,2} Ariovaldo Antonio Giaretta¹

¹ Laboratório de Taxonomia, Sistemática e Evolução de Anuros Neotropicais, Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Rua 20, nº 1600, CEP 38304-402, Uberlândia, MG, Brazil. ² Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade de São Paulo, Departamento de Biologia/FFCLRP, Avenida dos Bandeirantes, nº 3900, CEP 14040-901, Ribeirão Preto, SP, Brazil.

Corresponding author: Thiago Ribeiro de Carvalho, thiago_decarvalho@yahoo.com.br

Abstract

We report the occurrence of the Amazonian hylid *Boana alfaroi* outside of Ecuador for the first time. The locality (Assis Brasil, state of Acre) lies in northern Brazil, approximately 1,280 km southeast from the easternmost records in Ecuador. Additionally, we describe the vocalization of a male of *B. alfaroi* from the Brazilian population, including a second type of note besides the advertisement note. *Boana alfaroi* may occur across Amazonian lowland forests of Ecuador, northern Peru, and the Brazilian states of Acre and Amazonas.

Key words

Amazon Rainforest, biodiversity, *Boana calcarata*–*B. fasciata* complex, Brazilian Amazon, state of Acre, vocalization.

Academic editor: Raul F. D. Sales | Received 9 April 2017 | Accepted 7 June 2017 | Published 21 July 2017

Citation: Carvalho TR, Bang DL, Teixeira BFV, Giaretta AA (2017) First record of *Boana alfaroi* (Caminer & Ron, 2014) (Anura: Hylidae) in Brazil. Check List 13 (4): 135–139. <https://doi.org/10.15560/13.4.135>

Introduction

Boana alfaroi (Caminer & Ron, 2014) is 1 of the 4 species recently described in the revisionary study of the Amazonian *B. calcarata*–*B. fasciata* complex (Caminer and Ron 2014). Although this species was thought to be restricted to the Ecuadorian Amazon in the northeastern portion of the country, Caminer and Ron (2014) suggested that it could occur in Peru. Herein we report the first record of *B. alfaroi* from outside of Ecuador. This new record is from the municipality of Assis Brasil, on the tripoint of Brazil, Peru, and Bolivia, in the Brazilian Amazon.

Methods

The fieldwork was conducted on 11 and 12 February 2017 in the municipality of Assis Brasil (10.9393° S, 069.5712° W [datum WGS84]; 236 m above sea level), state of Acre, northern Brazil.

Calls were recorded with a ME67/K6 Sennheiser microphone coupled to a Marantz PMD 671 digital recorder. Recording settings were 44.1-kHz sampling rate and 16-bit resolution. The recordings were made under direct visualization and the microphone was positioned about 1 m from the voucher male. Calls of