



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE**

FLÁVIO JOSÉ DA SILVA

**EU SEI QUEM VOCÊ É: FÊMEAS DE ANUROS (*PRISTIMANTIS RAMAGII*)
PERCEBEM E DISCRIMINAM CANTOS DE MACHOS EXÓTICOS CONGÊNERES
ALOPÁTRICOS**

RECIFE, 2023

FLÁVIO JOSÉ DA SILVA

**EU SEI QUEM VOCÊ É: FÊMEAS DE ANUROS (*PRISTIMANTIS RAMAGII*)
PERCEBEM E DISCRIMINAM CANTOS DE MACHOS EXÓTICOS CONGÊNERES
ALOPÁTRICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade.

Orientação: Nicola Schiel

Coorientação: Antonio Souto

RECIFE, 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D111e

da Silva, Flávio José

Eu sei quem você é: fêmeas de anuros (*Pristimantis ramagii*) percebem e discriminam cantos de machos exóticos congêneres alopátricos / Flávio José da Silva. - 2023.
74 f. : il.

Orientadora: Nicola Schiel.

Coorientadora: Antonio da Silva Souto.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Recife, 2023.

1. corte. 2. seleção acústica. 3. invasão sonora. 4. escolha feminina. I. Schiel, Nicola, orient. II. Souto, Antonio da Silva, coorient. III. Título

CDD 333.95

FLÁVIO JOSÉ DA SILVA

**EU SEI QUEM VOCÊ É: FÊMEAS DE ANUROS (*PRISTIMANTIS RAMAGII*)
PERCEBEM E DISCRIMINAM CANTOS DE MACHOS EXÓTICOS CONGÊNERES
ALOPÁTRICOS**

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Nicola Schiel (UFRPE) – Presidente

Prof. Dr. Xavier Arnan Viadiu (UPE) – Titular

Prof. Dr. Pedro Ivo Simões (UFPE) – Titular

Dra. María Fernanda de la Fuente Castellón (UEPB) – Suplente

Prof. Dr. Martín Alejandro Montes (UFRPE) – Suplente

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos especiais irão primeiramente para minha orientadora, a Prof^a Dr^a Nichola Schiel. Agradeço a Prof^a Nicola por ter me dado esta oportunidade. Por ver potencial em mim. Sinto que desde que entrei no LETA evolui bastante, tanto profissionalmente como pessoalmente. Agradeço a ela por abrir a minha mente e me instigar a sair da minha zona de conforto. Agradeço as oportunidades que me deu para desenvolver minha carreira científica. Queria lhe dizer que sua orientação foi um marco em minha vida e que jamais lhe esquecerei. Gratidão eterna por sua empatia, paciência e cuidado.

Sou agradecido também ao professor Antonio Souto, por ser uma pessoa empolgante. Posso lhe dizer, com toda certeza, que o considero uma das pessoas mais apaixonadas pelo conhecimento científico que já vi em toda minha vida. Sou grato pela sua coorientação calma e acolhedora, que me deixou confortável para tirar dúvidas e me instigou a elaborar uma dissertação com melhor qualidade teórica e técnica. Sempre bom conversar com o senhor professor.

Gratidão também ao professor Thiago Gonçalves que, em meio a toda correria de sua carreira científica no exterior, acabou por dedicar um tempo pra se reunir comigo para esclarecer tópicos estatísticos nos quais eu estava tendo dificuldades e também por ter auxiliado na elaboração das análises e gráficos presentes neste estudo. Obrigado pela parceria, pela paciência nas explicações e pela didática excepcional, professor. Virei um grande fã seu.

Deixo aqui também minha declaração de amor eterno e agradecimento a minha bizunga, Lara Valesca, a mulher que me fez suportar os períodos mais difíceis durante esta jornada. Me deu suporte em campo, me auxiliou na escrita da dissertação e sempre me fez lembrar que os melhores dias sempre virão. Digo e sempre repetirei que me inspiro muito em você e sempre serei grato por estar ao teu lado.

Agradeço aos integrantes da Banca Examinadora, pois separaram um tempo em suas agendas para fazerem presença nesta grande etapa da minha vida.

Gratidão também às instituições de fomento que possibilitaram a execução e escrita deste trabalho: ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por uma bolsa de estudo concedida; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio PROAP para a tradução do artigo fruto deste estudo.

Agradeço a colega Fernanda de la Fuente, por ter me auxiliado de maneira gentil na elaboração de conceitos teóricos e da escrita do artigo científico, bem como também ter me ensinado conceitos estatísticos no uso do Software R.

Agradeço também a meus amigos Lara Soares por ter montado o mapa lindo que se encontra neste trabalho e a Rafael Barboza que, além das muitas conversas legais que tivemos, também foi um grande amigo e parceiro, por se preocupar em me ajudar a lembrar de pendências esquecidas durante o curso, me auxiliar no uso de equipamentos de campo e também me forneceu materiais didáticos para escrita deste trabalho.

Agradeço também a toda equipe de professores e funcionários do PPGBio, em especial a Cynara e a professora Teresa Buril que sempre me ajudaram no decorrer do curso.

Agradeço também a todos integrantes do Laboratório de Etologia Teórica e Aplicada (LETA), por terem me acolhido durante o curso, e também agradeço ao Laboratório de Síntese Ecológica e Conservação da Biodiversidade por me terem recebido tão bem em suas reuniões de estudo.

Agradeço a minha família (Seu Galego, Dona Zefinha e Zé Binho) que sempre me encheram de amor, confiaram na minha trajetória e tiveram paciência em dias de minha ausência em razão de compromissos com o curso. Amo todos vocês.

Agradeço a todos meus amigos e rede de apoio, que sempre estiveram ao meu lado durante este período: ao sexteto (Gaga, Yoná, Jade, Mãeyara e Mimí) e os Makakos (Gerin, Grisdan e Pedro).

Agradeço ao Condomínio Sete Casuarianas, pela disponibilização do local de estudo, bem como, também a cortesia de seus moradores e funcionários.

Por fim, gratidão eterna à Mata Atlântica.

SUMÁRIO

1. RESUMO	7
2. ABSTRACT	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Ecologia reprodutiva dos anfíbios anuros	9
3.2. Seleção sexual feminina	10
3.3. Comunicação acústica nos anfíbios anuros	10
3.4. Influência acústica de espécies exóticas	12
3.5. Ontogenia do reconhecimento acústico	14
3.6. <i>Pristimantis ramagii</i> e <i>Pristimantis koehleri</i>	15
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
5. CAPÍTULO ÚNICO – “Eu sei quem você é: fêmeas de anuros discriminam cantos de machos nativos e exóticos independentemente de sua idade”	36
5.1. Resumo	37
5.2. Introdução	38
5.3. Material e métodos	42
5.4. Local de estudo	42
5.5. Sujeitos	43
5.6. Desenho experimental e coleta de dados	44
5.7. Preparação dos estímulos para o playback e observações Ad libitum	44
5.8. Experimento de fonotaxia	52
5.9. Análise estatística	53
5.10 Resultados	54
5.11. Discussão	56
5.12. Agradecimentos	60
5.13. Contribuição dos autores	60
5.14. Bibliografia	60

RESUMO

Em Anfíbios Anuros o reconhecimento acústico está intimamente ligado à função reprodutiva, podendo atuar como barreira pré zigótica. Nesse cenário, cantos de espécies exóticas podem interferir na interação de espécies nativas quando em situação de convergência acústica. Pesquisas indicam que fêmeas ovadas que já passaram por uma experiência acústica vivida podem atenuar as consequências prejudiciais de distrações ou repulsas a ruídos do ambiente. No entanto, embora já exista o entendimento do papel do reconhecimento sonoro na seleção sexual das fêmeas, a literatura ainda precisa abordar a relação entre a fonotaxia e a idade das fêmeas, especialmente em ambientes naturais. Diante das informações apresentadas, conduzimos um estudo de campo com o propósito de investigar se existe alguma correlação entre a idade das fêmeas de anuros e a sua resposta a estímulos criados a partir do canto de um macho nativo, de um macho exótico e de um estímulo controle. A espécie nativa utilizada foi o *Prisimantis ramagii*, endêmico da Mata Atlântica no nordeste do Brasil, enquanto a espécie exótica selecionada foi o *Pristimantis koehleri*, endêmico da Mata Amazônica da Bolívia. Esperamos que (i) fêmeas mais velhas/experientes teriam mais respostas comportamentais positivas para o macho nativo; (ii) fêmeas mais velhas/experientes teriam mais respostas comportamentais negativas ao estímulo do macho exótico. Para esta pesquisa, utilizamos 30 fêmeas sexualmente maduras e ovadas de *P. ramagii*, que foram identificadas individualmente, de modo que suas idades foram estimadas via comprimento rostro-cloacal (CRC). O experimento envolveu a reprodução dos diferentes estímulos sonoros, enquanto simultaneamente observamos as fêmeas. Os resultados indicaram que os diferentes tipos de estímulos impactaram na atratividade e latência de resposta à fonotaxia das fêmeas testadas, sendo o estímulo nativo o mais atrativo e com menor latência de resposta. Surpreendentemente, experiência da fêmea não influenciou a atratividade e latência de resposta em relação aos estímulos. Essas descobertas sugerem que as fêmeas de anfíbios anuros podem ter limitações no aprendizado durante o desenvolvimento de suas habilidades comportamentais de reconhecimento acústico. Isso pode ser atribuído à influência do curto período de vida do grupo, levando-as a depender mais de reconhecimento inato.

Palavras-chaves: corte, seleção acústica, invasão sonora, escolha feminina

ABSTRACT

In Anuran Amphibians, acoustic recognition is closely linked to reproductive function, and may act as a prezygotic barrier. In this scenario, songs of exotic species can interfere with the interaction of native species when in a situation of acoustic convergence. Researches indicate that ovate females who have already gone through a lived acoustic experience can mitigate the harmful consequences of distractions or revulsions to ambient noises. However, although there is already an understanding of the role of sound recognition in female sexual selection, the literature still needs to address the relationship between phonotaxy and female age, especially in natural environments. In view of the information presented, we conducted a field study with the purpose of investigating whether there is any correlation between the age/experience of female frogs and their response to stimuli created from the song of a native male, an exotic male and a control stimulus. The native species used was *Prisimantis ramagii*, endemic to the Atlantic Forest in northeastern Brazil, while the exotic species was *Pristimantis koehleri*, endemic to the Amazon Forest in Bolivia. We expect that (i) older/experienced females would have more positive behavioral responses to the native male; (ii) older/experienced females would have more negative behavioral responses to the exotic male stimulus. For this research, we used 30 sexually mature and ovate females of *P. ramagii*, which were identified individually, so that their ages were estimated via rostrum-cloacal length. The experiment involved playing the different sound stimuli while simultaneously observing the females. The results indicated that the different types of stimuli had an impact on the attractiveness and response latency to the phonotaxy of the tested females, with the native stimulus being the most attractive and with the lowest response latency. Surprisingly, female experience did not influence attractiveness and response latency to stimuli. These findings suggest that female anuran amphibians may have learning limitations during the development of their behavioral acoustic recognition skills. This can be attributed to the influence of the group's short lifespan, leading them to rely more on innate recognition.

Keywords: courtship, acoustic selection, sound invasion, female choice

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3 Ecologia reprodutiva dos anfíbios anuros

4 Anfíbios Anuros destacam-se por serem animais conhecidos por sua diversidade
5 reprodutiva, a qual pode ser exemplificada pelos possíveis locais de deposição de seus ovos,
6 tendo espécies com: (i) ovos aquáticos, com deposição de ovos em ambiente aquático, em
7 ninhos de espumas ou embutidos no dorso de fêmeas aquáticas e (ii) ovos terrestres ou
8 arbóreos, com deposição de ovos no solo, rochas, tocas, árvores, em ninhos de espuma
9 (terrestre ou arbóreo), carregados por adultos (terrestres), ou retidos em ovidutos (Haddad e
10 Prado 2005). Também podemos classificar a reprodução dos anuros com base na duração do
11 período reprodutivo, havendo espécies de (1) **Reprodução prolongada**, que é caracterizada
12 pelos indivíduos precisarem de meses ou uma estação inteira em atividade reprodutiva e (2)
13 **Reprodução explosiva**, que é determinado pela necessidade de os indivíduos utilizarem
14 alguns dias ou semanas para se reproduzirem (Wells 1977). Durante as temporadas de
15 reprodução, com o intuito de atraírem as fêmeas, os machos ocupam sítios de vocalização
16 específicos. Estes locais variam de acordo com a espécie, sendo estabelecidos em áreas que
17 favoreçam a oviposição, como margens de rios (VENÂNCIO, 2017), tocas (CUI; TANG;
18 NARINS, 2012), bromélias (ROBERTO e AVILA, 2013), arbustos (OITAVEN *et al.*, 2017) e
19 troncos (VILELA; LISBOA; NASCIMENTO, 2015). O turno de vocalização também varia
20 entre táxons, havendo espécies com atividade vocal diurna (e.g. LINGNAU *et al.*, 2013;
21 COSTA; FACURE; GIARETTA, 2006; NASCIMENTO; CRUZ; FEIO, 2005) e espécies
22 com atividade vocal noturna (e.g. BARRETO e ANDRADE, 1995; ZANK *et al.*, 2008; ZINA
23 e HADDAD, 2005).

24 Os cantos são cruciais para o grupo dos anfíbios anuros. Segundo Toledo *et al.* (2015),
25 existem três tipos de cantos: (1) Cantos Agressivos, que servem para defesa de território a
26 longa distância ou durante um embate físico; (2) Cantos Defensivos, usados quando o
27 indivíduo é surpreendido ou capturado por um predador; (3) Cantos Reprodutivos, utilizados
28 para atrair ou repelir um parceiro e estimular e/ou orientar o parceiro para oviposição. Para
29 cada categoria existem diversos subtipos, sendo as de categoria reprodutiva mais numerosas
30 (ver tabela 1 em Toledo *et al.*, 2015). Pertencente à categoria reprodutiva, está o canto de
31 anúncio. Ele é o canto mais comum dos anuros e é emitido exclusivamente por machos
32 (EMMRICH, M. *et al.*, 2020). O canto de anúncio tem como principal função atrair fêmeas
33 coespecíficas para a reprodução, e normalmente os machos quando o vocalizam, o fazem em
34 assembleias com indivíduos intra e interespecíficos (KOEHLER *et al.*, 2017).

35 Durante a atividade de vocalização de anúncio, as fêmeas coespecíficas ao macho
36 tendem a se aproximar do seu sítio vocal, aproveitando isto, os machos as amplexam
37 (KOEHLER *et al.*, 2017; WELLS, 2010). A ação de amplexo é, de forma geral, o ato do
38 macho envolver os braços na cintura escapular da fêmea de modo a estimulá-la a ejetar a
39 massa de ovos presente em seu abdômen para que o macho possa cobri-la com
40 espermatozóides (e.g., COSTA; GUIMARÃES; BASTOS, 2010; OLIVEIRA; NOGUEIRA;
41 ETEROVICK, 2012; BIJU *et al.*, 2013). Este amplexo pode durar de minutos (OLIVEIRA;
42 NOGUEIRA; ETEROVICK, 2012) até dias (YU e LU, 2010). Neste grupo comumente as
43 fêmeas são maiores do que os machos por, provavelmente, precisarem de um corpo maior
44 para aportar a massa de ovos na cavidade abdominal, podendo o tamanho delas ser
45 diretamente proporcional a sua fecundidade (JUAREZ e ADAMS, 2022; ROWLI, 2022).
46 Sobre o desenvolvimeto reprodutivo neste grupo há a presença de dois tipo: o padrão de
47 desenvolvimento bifásico ou de desenvolvimento direto (WELLS, 2010). No primeiro
48 desenvolvimento, que corresponde ao comum da classe Amphibia, há a presença da
49 maturação dos ovos e conseqüente fase larval em ambiente aquático, seguido de uma
50 metamorfose para um indivíduo adulto mais independente da água (WELLS, 2010,
51 HADDAD e PRADO 2005). Por outro lado, aquelas espécies com desenvolvimento direto
52 não possuem fase larval, isto é, a prole que sai dos ovos possuem uma morfologia semelhante
53 ao adulto: com presença de patas e ausência da cauda (WELLS, 2010, HADDAD e PRADO
54 2005).

55

56 **Seleção sexual feminina**

57 Normalmente, no reino animal, os sistemas de reconhecimento acústico se apresentam
58 ao longo de um contínuo, de modo que os organismos receptores são capazes de
59 reconhecerem sinais acústicos utilizando desde critérios genéricos, como a percepção de que o
60 emissor não é de sua espécie, até critérios mais precisos, como a identificação da faixa etária,
61 gênero e/ou parentesco de quem está cantando (CARLSON *et al.*, 2020). Um dos tipos de
62 reconhecimentos essenciais em interações sociais é justamente o reconhecimento entre
63 indivíduos de uma mesma espécie, pois neste tipo é feita a avaliação entre vizinhos e
64 estranhos (TIBBETTS e DALE, 2007). Esta avaliação é importante por ser usada na
65 identificação de possíveis companheiros reprodutivos (Insetos: BALAKRISHNAN, 2016;
66 aves: MIKULA *et al.*, 2021; mamíferos: ZIMMERMANN, 2012)

67 Na ordem anura, o reconhecimento acústico está intimamente ligado à função
68 reprodutiva (WELLS, 2010) servindo como barreira pré zigótica (KOEHLER *et al.*, 2017). A

69 vocalização de anúncio demonstra para as fêmeas a disponibilidade dos machos (SACCHI *et*
70 *al.*, 2015; PÉREZ-GRANADOS *et al.*, 2019). Desta maneira, estes vocalizadores estabelecem
71 seu sítio reprodutivo e passam a esperar a chegada das fêmeas (e.g. TOLEDO e HADDAD,
72 2005; FORTI *et al.*, 2013; BRUNETTI *et al.*, 2014). Isto caracteriza a seleção sexual do
73 grupo como sendo essencialmente feminina (WELLS, 2010; KOEHLER *et al.*, 2017). Ao se
74 deslocarem para os sítios reprodutivos dos machos, as fêmeas utilizam principalmente
75 características acústicas que lhe despertem o interesse (e.g. SMITH e ROBERTS, 2003;
76 RYAN e GUERRA; 2014; CHENG *et al.*, 2022). É através do canto que as fêmeas podem ter
77 uma noção significativa de informações importantes dos atributos masculinos como o
78 tamanho (CHENG *et al.*, 2022), reservas energéticas (NARINS e FENG, 2007) e o mais
79 importante: a faz entender que o emissor é coespecífico a ela (KOEHLER *et al.*, 2017). Deste
80 modo, durante a temporada reprodutiva, os machos presentes em assembleias estabelecem
81 estratégias comportamentais que facilitam sua seleção pelas fêmeas, é o caso, por exemplo, na
82 escolha de uma postura corpórea atrativa (HÖBEL, FEAGLES e RUDER, 2022) ou mudança
83 na complexidade de seu canto (TOBIAS *et al.*, 2010).

84 As preferências femininas a estes cantos, bem como a percepção e discriminação
85 deles, comumente são estudadas via experimentos de fonotaxia. Estes experimentos
86 basicamente consistem na reprodução de estímulos acústicos às fêmeas, de modo a avaliar se
87 elas apresentam comportamentos de interesse ou aversão ao que estão ouvindo (e.g. BEE *et*
88 *al.*, 2007; CHRISTIE *et al.*, 2010; SANTANA *et al.*, 2015; TENNESSEN *et al.*, 2016;
89 CHRISTIE *et al.*, 2019; BOYD e GORDON, 2021). Tais estudos podem ser feitos em
90 ambiente controlado (LEHTINEN *et al.*, 2012; PENNA *et al.*, 2015) ou natural (LIU *et al.*,
91 2012; ZHU *et al.*, 2017) e divergem numa grande variedade de metodologias, sendo eles uma
92 boa alternativa para obtenção de dados comportamentais que dificilmente seriam acessados
93 em uma amostragem não estimulada (e.g. SHEN *et al.*, 2008; ZAFFARONI-CAORSI *et al.*,
94 2022).

95

96 **Comunicação acústica nos anfíbios anuros**

97 Vários elementos podem compor uma paisagem acústica natural. Existem sons
98 bióticos, compostos pelos sons da fauna local (RODRIGUEZ, *et al.*, 2014), os sons abióticos,
99 como a dinâmica do vento (RASPET e WEBSTER, 2015) e da água (HARTMANN *et al.*,
100 2005) e há ruídos antropogênicos (HERRERA-MONTES e AIDE, 2011). O conceito de nicho
101 acústico se baseia em sons bióticos, sendo representado pela combinação dos seguintes
102 elementos: o micro-habitat usado para os cantos, o tempo usado na atividade de canto e a

103 estrutura acústica destes cantos (MEDEIROS *et al.*, 2017; SINSCH *et al.*, 2012). Dentre os
104 biomas existentes, aqueles que são tropicais possuem paisagens acústicas com uma tendencia
105 a serem mais heterogêneas e dinâmicas, sendo os anfíbios anuros um dos grupos mais
106 representativos na produção de sons (RODRIGUEZ, *et al.*, 2014).

107 A comunicação intra e interespecífica dos anfíbios anuros está intimamente ligada a
108 seu nicho acústico, isto é, apesar de existir auxílio de outras formas e adaptações de
109 comunicação, como o uso de pistas químicas (STARNBERGER *et al.*, 2013) e sinais visuais
110 (FURTADO, 2017), ainda sim a principal forma desse táxon se comunicar é através da
111 interação acústica (KOEHLER *et al.*, 2017; TOLEDO *et al.*, 2015). A eficiência da
112 comunicação acústica, provavelmente, é resultante de sua capacidade de se transmitida a
113 grandes distâncias e atravessar barreiras que limitariam os outros tipos de comunicação (e.g.
114 separação física e limitação visual) (KOEHLER *et al.*, 2017). Essa comunicação é espécie
115 específica (EMMRICH *et al.*, 2020), porém com frequente variação geográfica entre
116 populações (ANNIBALE *et al.*, 2020; ZHAO *et al.*, 2022). Esta variação pode ser devido à
117 influência da filogenia e às relações evolutivas entre as populações (AMEZQUITA *et al.*,
118 2009), à modificação de cantos devido a adaptações a diferentes altitudes (BARAQUET *et*
119 *al.*, 201), à variação de fitness corpóreos (NARINS e MEENDERINK, 2014), a fatores
120 biogeográficos (JANG *et al.*, 2011) ou à influência de diferentes microclimas
121 (VARGAS-SALINAS *et al.*, 2014). Isto inclui também, a influência de mudanças
122 comportamentais em resposta a presença de sons ambientes e/ou de espécies que utilizam
123 recursos similares no ambiente (sintópicas) (KOEHLER *et al.* 2017). Todos estes fatores
124 podem atuar em conjunto (KOEHLER *et al.*, 2017).

125 Existindo todos estes fatores influenciadores sobre o canto das espécies dos anfíbios
126 anuros, é importante mencionar que diferentes cantos podem estar sujeitos a diferentes
127 pressões seletivas sobre suas características acústicas (KOEHLER *et al.*, 2017; EMMRICH *et*
128 *al.*, 2020). Isto pode levar à divergência ou convergência acústica em táxons que habitam
129 locais diferentes (AVILA *et al.*, 2018; ZARACHO *et al.*, 2018; ANNIBALE *et al.*, 2020). Tal
130 fato pode indicar adaptações a diferentes habitats e condições ambientais (KOEHLER *et al.*,
131 2017). Sendo assim, algumas espécies simpátricas podem divergir acusticamente devido ao
132 fato de localmente ocuparem seu nicho acústico específico (PRASAD *et al.*, 2022). Por outro
133 lado, algumas espécies alopátricas podem convergir acusticamente, apesar de estarem isoladas
134 geograficamente (FORTI *et al.*, 2017).

135

136 **Influência acústica de espécies exóticas**

137 Na biosfera, as diversas populações da fauna que a compõem, lidam com
138 a possibilidade da chegada de espécies exóticas que ao longo do tempo (DIDHAM *et al.*,
139 2005). Estas podem se mostraram agentes atuantes na diminuição da biodiversidade (ROCHA
140 *et al.*, 2011). Um agravante da presença destes táxons é o fato destes animais possuírem uma
141 alta fecundidade quando adultos (KAEFER *et al.*, 2007) associado a uma alta taxa de
142 sobrevivência em fases jovens (AFONSO *et al.*, 2010) podendo interferir em vários estágios
143 de vida das espécies nativas. Os riscos da presença dessas espécies podem ser exemplificados
144 através do consumo de espécies nativas e competição por recursos (DAVID *et al.*, 2017), da
145 hibridização com espécies nativas (PFENNIG *et al.*, 2016), da modificação do ambiente
146 destino (DIDHAM *et al.*, 2005) e a criação de um novo fluxo de parasitas com consequente
147 propagação de doenças (SCHLOEGEL *et al.*, 2005; CROWL *et al.*, 2008).

148 Porém, ainda há um efeito que merece bastante atenção, a interferência acústica das
149 espécies exóticas (e.g. BOTH e GRANT 2012; BLEACH *et al.*, 2015). De um modo geral, já
150 se sabe que espécies exóticas são de grande malefício à interação acústica de outras espécies,
151 pois estas são capazes de induzir comportamentos não convencionais em espécies nativas.
152 Como exemplo podemos citar situações como: (i) mudança nas áreas de migração, por parte
153 de espécies nativas, para evitarem invasoras locais (MOONEY e CLELAND, 2001),
154 impedimento da comunicação acústica nativa durante o acasalamento destas espécies nativas
155 (VALERO, 2019) e (iii) indução de estresse, em espécies nativas, em razão da presença de
156 vocalizações invasoras (BARBER; CROOKS; FRISTRUP, 2010).

157 Em anuros, as vocalizações emitidas por outras espécies pode gerar interferência sobre
158 a transmissão de seus cantos (MANZANO e SAWAYA, 2022). Visto que novos sons podem
159 atrapalhar a interação vocal das espécies nativas, é de se esperar que o canto das espécies
160 exóticas também façam papel de obstáculo sonoro (MEDEIROS *et al.*, 2017). Esta
161 interferência pode surgir desde o estabelecimento do sítio vocal da espécie intrusa, pois já se
162 sabe que algumas espécies habitam locais que facilitam a propagação de suas cantos
163 (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2021).

164 Resultados recentes já demonstram que espécies invasoras podem ter um alto poder de
165 sobreposição acústica em relação às espécies nativas (BOTH e GRANT, 2012;
166 DOMÍNGUEZ *et al.*, 2021; SILVEIRA e GUIMARÃES, 2021). Assim, quando as
167 características acústicas de suas vocalizações são similares de espécies nativas, elas acabam
168 por mascará-las (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2021; MEDEIROS *et al.*, 2017). Como resultado,
169 espécies nativas podem gastar mais energia para emitir cantos alterados que se sobressaiam ao
170 mascaramento acústico das vocalizações do invasor (BLEACH *et al.*, 2015). Inversamente,

171 em algumas espécies nativas, os machos podem se calar para poupar energia, impedindo a
172 atração de fêmeas e prejudicando a seleção sexual (BLEACH *et al.*, 2015). Tal situação pode
173 atuar como pressão seletiva sobre as espécies nativas, exigindo espécies nativas tenham
174 plasticidade vocal suficiente para aumentar as chances de serem ouvidas (MEDEIROS *et al.*,
175 2017). Esta interferência pode resultar em um baixo sucesso reprodutivo, e na consequente
176 redução das populações nativas (GRÖNING e HOCHKIRCH, 2008).

177

178 **Ontogenia do reconhecimento acústico**

179 Na biologia o conceito de ontogenia (MINELLI, 2004) se refere às mudanças
180 morfofisiológicas (MINELLI, 2004) e comportamentais (KELLEHER *et al.*, 2018;
181 CABRERA *et al.*, 2021) de organismos ao longo de sua vida. Especificamente sobre a
182 ontogenia comportamental, um dos principais fatores que contribuem para este tipo de
183 mudança nos indivíduos é a experiência (CABRERA *et al.*, 2021). É através da experiência de
184 situações já vividas que os indivíduos retêm informações que lhe serão úteis para sua
185 sobrevivência, como situações de perigo (PUTMAN *et al.*, 2015) e forrageio (BIRO *et al.*,
186 2006; SWEENEY *et al.*, 2013). A ontogenia do reconhecimento acústico se caracteriza pela
187 capacidade do indivíduo perceber e discriminar estímulos sonoros (e.g. ZANETTE *et al.*,
188 2011; GREEN *et al.*, 2016; CHALOUPKOVÁ *et al.*, 2018). Ainda há uma escassez de
189 estudos que abordam tal assunto (CABRERA *et al.*, 2021). Porém já existem pesquisas que
190 envolvem a ontogenia acústica de comportamentos sociais intraespecíficos, como a
191 aprendizagem social via uso de vocalizações entre membros de um mesmo bando
192 (SNOWDON *et al.*, 2017) e o desenvolvimento de vocalizações na seleção sexual
193 (NOWICKI *et al.*, 1998). Fato é que a ontogenia do reconhecimento acústico, apesar de pouco
194 estudada, já foi comprovada estar presente nos vertebrados (SNOWDON *et al.*, 2017) e
195 invertebrados (LI *et al.*, 2018), desde o período pré-natal (RIVERA *et al.*, 2018) até a fase
196 adulta (ZANETTE *et al.*, 2011).

197 Quanto ao grupo dos anfíbios anuros, também pouco se sabe sobre sua ontogenia
198 comportamental. Contudo, cada vez mais estes animais vem sendo alvo de pesquisas
199 empíricas que abordam o desenvolvimento de comportamentos ao longo de suas vidas
200 (KELLEHER *et al.*, 2018). Algumas respostas que contribuíram para a presença de ontogenia
201 comportamental podem estar presentes na fase larval deste grupo (KELLEHER *et al.*, 2018).
202 Isto pode ser evidenciado no fato de alguns girinos, com conhecimento prévio e limitados pela
203 morfofisiologia, serem capazes de aprenderem a evitar predadores (GAZZOLA *et al.*, 2017) e
204 locais de riscos (TOUCHON *et al.*, 2013), e também serem tendenciados a determinadas

205 escolhas de alimentos durante o forrageamento (KLOH, FIGUEREDO e & ETEROVICK,
206 2021). Isto se deve ao fato de haver diferentes pressões seletivas em cada fase de vida destes
207 animais, e isto possivelmente permite que seus comportamentos possam ser desenvolvidos ou
208 perdidos ao longo do tempo (KELLEHER *et al.*, 2018; BRODIN, 2009; WILSON e
209 KRAUSE, 2012B).

210 Da fase adulta também há evidências de ontogenia comportamental, pois já existem
211 elementos de que alguns comportamentos são resultados desta evolução etológica no grupo, é
212 o caso do desenvolvimento e uso de diferentes estratégias defensivas em respostas a diferentes
213 predadores (FERRANTE *et al.*, 2022), bem como também no comportamento de
214 forrageamento (LIMA e MAGNUSSON, 2000). Além disto, já se foi discutido que,
215 possivelmente, a evitação de predadores, reconhecimento de alimentos nocivos e/ou
216 palatáveis e reconhecimento de indivíduos coespecífico podem estar ligados a experiências já
217 vividas pelos indivíduos (SUBOSKI, 1992). Especificamente em se tratando da ontogenia
218 acústica, já se sabe que machos do grupo aprendem a reconhecer vocalizações de indivíduos
219 próximos e inclusive ajustam suas vocalizações em interações agressivas (NARINS *et al.*,
220 2007). Para as fêmeas, já há indícios de que durante a seleção sexual a experiência feminina
221 (i.e., as fêmeas mais velhas) é capaz de mitigar os efeitos negativos de sobreposições
222 acústicas feitas por ruídos ambientes a cantos de anúncio de machos coespecíficos (SENZAKI
223 *et al.*, 2018).

224

225 *Pristimantis ramagii* e *Pristimantis koehleri*

226 O gênero *Pristimantis* (WADDELL *et al.*, 2018) é o gênero mais rico em espécies
227 entre os Anuros, contendo cerca de 592 espécies que se distribuem em florestas Amazônicas e
228 Atlânticas, desde o leste de Honduras na América Central até a Argentina na América do Sul
229 (FROST, 2022). Este gênero pertence à família Strabomantidae, distribuída na região
230 Neptropical. Uma de suas principais características é o desenvolvimento embrionário direto,
231 sem uma fase larval aquática (não possuem fase de girino), de modo que seus ovos
232 normalmente são postos em serrapilheira úmida, onde os embriões se desenvolvem e eclodem
233 em indivíduos juvenis (HEDGES *et al.*, 2008).

234 *Pristimantis ramagii* (Boulenger, 1888), é uma espécie endêmica da Mata Atlântica
235 nordestina (TREVIAN *et al.*, 2020), tendo como localidade tipo a cidade de Igarassu, em
236 Pernambuco (BOULENGER, 1888). Recentemente Trevisan *et al.* (2020) demonstraram,
237 através de análises filogenéticas baseadas em mtDNA, que esta espécie está também
238 distribuída em fragmentos de Mata Atlântica nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte.

239 Apesar de tal endemismo, a espécie possui status de ameaça Pouco Preocupante (LC) na
240 avaliação da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2022).

241 Indivíduos de *P. ramagii* podem ser encontrados no interior ou na borda de florestas
242 (BARBOSA, PEREIRA e MARANHÃO, 2017), sob a serrapilheira, em arbustos ou em
243 bromélias (BARBOSA, PEREIRA e MARANHÃO, 2017; MORAIS, 2019). Além de área
244 florestada, também podem ser encontrados em áreas antropizadas (PEREIRA, LIRA e
245 SANTOS, 2016). Segundo Carvalho, Vilar e Oliveira (2005) os machos desta espécie
246 vocalizam em períodos de chuva, formando coros de 8 a 12 indivíduos durante períodos de
247 maior pico de precipitação. Os cantos de anúncio e territorial de seus machos já foram
248 descritos (Oitaven *et al.* 2017), e o número de pulsos em cada canto é considerada uma
249 característica acústica dinâmica, enquanto a duração e frequência do som dominante se
250 mostraram intermediárias, de modo que houve maior variação interindividual do que
251 intraindividual. Também foi descoberto que a frequência dominante desta espécie se
252 correlaciona negativamente com sua massa e tamanho corpóreo e a duração de seus cantos se
253 correlaciona positivamente com seu tamanho, isto é, indivíduos maiores possuem cantos com
254 frequências mais graves (OITAVEN *et al.*, 2017).

255 *Pristimantis koehleri* (Padial & De La Riva, 2009) é uma espécie endêmica da Bolívia
256 e sua localidade tipo é o Departamento de Santa Cruz, tendo distribuição dos vales secos
257 interandinos ao longo das encostas andinas composta por Mata Amazônica (PADIAL e DE
258 LA RIVA, 2009). A espécie tem seu status de ameaça ainda desconhecido pela União
259 Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2022). Esta espécie tem hábito noturno
260 com maior atividade em períodos de chuva, no qual os machos podem ser achados cantando
261 em vegetação baixa de regiões com florestas primárias e secundárias (Padial e De La Riva,
262 2009).

263 Enquanto *Pristimantis ramagii* é uma espécie nativa na Mata Atlântica nordestina,
264 *Pristimantis koehleri* não o é. Sabe-se que cantos de espécies exóticas nos anfíbios anuros
265 podem interferir na interação de espécies nativas quando em situação de convergência
266 acústica. Ainda, pesquisas indicam que fêmeas ovadas que passaram por uma experiência
267 acústica já vivida podem atenuar as consequências prejudiciais de distrações ou repulsas a
268 ruídos ambientes. No entanto, embora já exista o entendimento do papel do reconhecimento
269 sonoro na seleção sexual das fêmeas, a literatura ainda precisa abordar a relação entre a
270 fonotaxia e a idade das fêmeas, especialmente em ambientes naturais. Diante da importância
271 dessa temática, almejamos com essa tese verificar se a idade de fêmeas anuros determina uma
272 melhor discriminação acústica entre o canto de machos nativos e exóticos.

273

274 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

275

276 AFONSO, L. G.; CARVALHO, R.; SANTOS, F. M.; COELHO, A. C. B.; MAGALHÃES,
277 A. L. Reproduction of the exotic bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura,
278 Ranidae) in creeks of the Atlantic Rainforest of Minas Gerais, Brazil. **Biotemas**, v. 23, n. 3, p.
279 85-91, 2010.

280

281 AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (PE), CPRH: Unidade de conservação -
282 APA Aldeia-Beberibe: Governo do Estado de Pernambuco. Disponível:
283 <http://www2.cprh.pe.gov.br/uc/apa-aldeia-beberibe>. Acessado em: 17 ago. 2022.

284

285 ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**, v. 49, n. 3-4,
286 p. 227-266, 1974.

287

288 AMBROZIO-ASSIS, A. *et al.* Preferences for anuran calls in *Hematophagous corethrellids*
289 (Diptera: Corethrellidae) from Southern Brazil. **Austral Entomology**, v. 58, n. 3, p. 622-628,
290 2019.

291

292 AMEZQUITA, A. *et al.* Calls, colours, shape, and genes: a multi-trait approach to the study
293 of geographic variation in the Amazonian frog *Allobates femoralis*. **Biological Journal of the**
294 **Linnean Society**, v. 98, n. 4, p. 826-838, 2009.

295

296 ANNIBALE, F. S.; DE SOUSA, V. T.; DA SILVA, F. R.; MURPHY, C. G. Geographic
297 variation in the acoustic signals of *Dendropsophus nanus* (Boulenger 1889) (Anura:
298 Hylidae). **Herpetologica**, v. 76, n. 3, p. 267-277, 2020.

299

300 AUREO, W.; BANDE, M. Anurans species diversity and composition along the successional
301 gradient of the evergreen rainforest in Silago, Southern *Leyte*, *Philippines*. **International**
302 **Journal of Scientific Research in Environmental Science**, v. 5, n. 3, p. 82-90, 2017.

303

304 AVILA, R. W. *et al.* On *Rhinella gildae* Vaz-Silva, Maciel, Bastos Pombal 2015 (Anura:
305 Bufonidae): Phylogenetic relationship, morphological variation, advertisement and release
306 calls and geographic distribution. **Zootaxa**, v. 4462, n. 2, p. 274-290, 2018.

307

308 BALAKRISHNAN, R. Behavioral ecology of insect acoustic communication. **Insect**
309 **Hearing**, v. 55, p. 49, 2016.

310

311 BARAQUET, M.; GRENAT, P. R.; SALAS, N. E.; MARTINO, A. L. Geographic variation
312 in the advertisement call of *Hypsiboas cordobae* (Anura, Hylidae). **Acta Ethologica**, v. 18, n.
313 1, p. 79-86, 2015.

314

315 BARBER, J. R.; CROOKS, K. R.; FRISTRUP, K. M. The costs of chronic noise exposure for
316 terrestrial organisms. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 3, p. 180-189, 2010.

317

318 BARBOSA, V. N.; PEREIRA, E. N.; MARANHÃO, E. S. Anfíbios da Estação Ecológica de
319 Caetés Paulista, Pernambuco - atualização da lista de espécies. **Revista de Ciências**
320 **Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 39-49, 2017.

321

322 BARDIER, C., PEREIRA, G., ELGUE, E., MANEYRO, R.; TOLEDO, L. F. Quantitative
323 determination of the minimum body size for photo-identification of *Melanophryniscus*
324 *montevicensis* (Bufonidae). **Herpetological Conservation and Biology**, v. 12, p. 119-126,
325 2017.

326

327 BARRETO, L.; ANDRADE, G. V. Aspects of the reproductive biology of *Physalaemus*
328 *cuvieri* (Anura: Leptodactylidae) in northeastern Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 16, n. 1, p.
329 67-76, 1995.

330

331 BEE, M. A.; KOZICH, C. E.; BLACKWELL, K. J.; GERHARDT H. C. Individual variation
332 in advertisement calls of territorial male green frogs, *Rana clamitans*: implications for
333 individual discrimination. **Ethology**, v. 107, n. 1, p. 65-84, 2001.

334

335 BEE, M. A. Selective phonotaxis by male wood frogs (*Rana sylvatica*) to the sound of a
336 chorus. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, n. 6, p. 955-966, 2007.

337

338 BEE, M. A. *et al.* Assessing acoustic signal variability and the potential for sexual selection
339 and social recognition in boreal chorus frogs (*Pseudacris maculata*). **Ethology**, v. 116, n. 6, p.
340 564-576, 2010.

341

342 BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: from individuals to ecosystems**. Oxford: John
343 Wiley & Sons, 2020, 738 p.

344

345 BENEDICT, L. Occurrence and life history correlates of vocal duetting in North American
346 passerines. **Journal of Avian Biology**, v. 39, n. 1, p. 57-65, 2008.

347

348 BIJU, S. D. *et al.* Taxonomic review of the tree frog genus *Rhacophorus* from the Western
349 Ghats, India (Anura: *Rhacophoridae*), with description of ontogenetic colour changes and
350 reproductive behaviour. **Zootaxa**, v. 3636, n. 2, p. 257-289, 2013.

351

352 BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. Raven Pro: interactive sound analysis software.
353 Version 1.5. [Ithaca (NY)]: The Cornell Lab of Ornithology. Disponível em:
354 <https://ravensoundsoftware.com/software/raven-pro/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

355

356 BIRO, D.; SOUSA, C.; MATSUZAWA, T. Ontogeny and cultural propagation of tool use by
357 wild chimpanzees at Bossou, Guinea: Case studies in nut cracking and leaf folding. **Cognitive**
358 **development in chimpanzees**, p. 476-508, 2006.

359

360 BLEACH, I. T.; BECKMANN, C.; BOTH, C.; BROWN, G. P.; SHINE, R. Noisy neighbours
361 at the frog pond: effects of invasive cane toads on the calling behaviour of native Australian
362 frogs. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 69, n. 4, p. 675-683, 2015.

363

364 BOLGER, D. T.; VANCE, B.; MORRISON, T. A.; FARID, H. Wild-ID user guide: pattern
365 extraction and matching software for computer-assisted photographic markrecapture
366 analysis. **Dartmouth College, Hanover, NH**, p. 1-12, 2011.

367

368 BOYD, S. K.; GORDON, N. M. Auditory and distance cues interact to modulate female gray
369 treefrog preferences for male advertisement calls. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.
370 75, n. 6, p. 1-17, 2021.

371

372 BOSCH, J.; MÁRQUEZ, R.; BOYERO, L. Behavioural patterns, preference, and motivation
373 of female midwife toads during phonotaxis tests. **Journal of Ethology**, v. 21, n. 1, p. 61-66,
374 2003.

375

376 BOTH, C.; GRANT, T. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog
377 calls on the acoustic signals of white-banded tree frogs. **Biology Letters**, v. 8, n. 5, p. 714-
378 716, 2012.

379

380 BOULENGER, G. A. V. On some reptiles and batrachians from Iguarasse, Pernambuco.
381 **Journal of Natural History**, v. 2, n. 7, p. 40-43, 1888.

382

383 BRODIN, T. Behavioral syndrome over the boundaries of life-carryovers from larvae to adult
384 damselfly. **Behavioral Ecology**, v. 20, n. 1, p. 30-37, 2009.

385

386 BRUNETTI, A. E.; TABOADA, C.; FAIVOVICH, J. The reproductive biology of *Hypsiboas*
387 *punctatus* (Anura: Hylidae): male territoriality and the possible role of different signals during
388 female choice. **Salamandra**, v. 50, n. 4, p. 215-224, 2014.

389

390 CABRERA, D.; NILSSON, J. R.; GRIFFEN, B. D. The development of animal personality
391 across ontogeny: a cross-species review. **Animal Behaviour**, v. 173, p. 137-144, 2021.

392

393 CAJADE, R.; MARANGONI, F.; GANGENOVA, E. Age, body size and growth pattern of
394 *Argenteohyla siemersi pedersenii* (Anura: Hylidae) in northeastern Argentina. **Journal of**
395 **Natural History**, v. 47, n. 3-4, p. 237-251, 2013.

396

397 CAORSI, V. Z.; SANTOS, R. R.; GRANT, T. Clip or snap? An evaluation of toe-clipping
398 and photo-identification methods for identifying individual Southern Red-Bellied Toads,
399 *Melanophryniscus cambaraensis*. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, n. 2, p. 79-
400 84, 2012.

401

402 CARLSON, N. V.; KELLY, E. M.; COUZIN, I. Individual vocal recognition across taxa: a
403 review of the literature and a look into the future. **Philosophical Transactions of the Royal**
404 **Society B**, [S.L], v. 375, n. 1802, p. 20190479, 12 de fevereiro de 2020.

405

406 CARVALHO, C.M.; VILAR, J.C.; OLIVEIRA, F.F. Répteis e anfíbios In: **Parque Nacional**
407 **Serra de Itabaiana - Levantamento da Biota (C.M. Carvalho & J.C. Vilar, Coord.)**.
408 **Biologia Geral e Experimental**, v. especial, p. 39 - 61, 2005.

409

410 CASELLI, C. B.; *et al.* The role of extra group encounters in a Neotropical, cooperative
411 breeding primate, the common marmoset: a field playback experiment. **Animal Behaviour**,
412 [S.L], v. 136, p. 137-146, 27 de outubro de 2018.

413

414 CHALOUPKOVÁ, H.; SVOBODOVÁ, I.; VÁPENÍK, P.; BARTOŠ, L. Increased resistance
415 to sudden noise by audio stimulation during early ontogeny in German shepherd puppies. Plos
416 one, v. 13, n. 5, p. e0196553, 2018.

417

418 CHENG, Y. C.; CHEN, Y. H.; CHANG, C.; CHUANG, M. F.; HSU, Y. Endurance rivalry
419 and female choice jointly influence male mating success in the emerald treefrog (*Zhangixalus*
420 *prasinatus*), a lek-chorusing anuran. **BMC Zoology**, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2022.

421

422 CHINCHILLA-LEMUS, W.; SERRANO-CARDOZO, V. H.; RAMÍREZ-PINILLA, M. P.
423 Reproductive activity, microhabitat use, and calling sites of *Pristimantis bacchus* (Anura:
424 Craugastoridae). **Amphibia-Reptilia**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2020.

425

426 CHRISTIE, K.; SCHUL, J.; FENG, A. S. Phonotaxis to male's calls embedded within a
427 chorus by female gray treefrogs, *Hyla versicolor*. **Journal of Comparative Physiology A**, v.
428 196, n. 8, p. 569-579, 2010.

429

430 CHRISTIE, K. W.; SCHUL, J.; FENG, A. S. Differential effects of sound level and temporal
431 structure of calls on phonotaxis by female gray treefrogs, *Hyla versicolor*. **Journal of**
432 **Comparative Physiology A**, v. 205, n. 2, p. 223-238, 2019.

433

434 COSTA, R. C.; FACURE, K. G.; GIARETTA, A. A. Courtship, vocalization, and tadpole
435 description of *Epipedobates flavopictus* (Anura: Dendrobatidae) in southern Goiás, Brazil.
436 **Biota Neotropica**, v. 6, 2006.

437

438 COSTA, T. B.; GUIMARÃES, L. D.; BASTOS, R. P. Territorial and mating behavior in
439 *Phyllomedusa azurea* (Anura: Hylidae) at a temporary pond in west-central Brazil.
440 **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 9, n. 2, p. 99-108, 2010.

441

442 CUI, J.; TANG, Y.; NARINS, P. M. Real estate ads in Emei music frog vocalizations: female

443 preference for calls emanating from burrows. **Biology Letters**, v. 8, n. 3, p. 337-340, 2011.
444

445 CROWL, T. A. et al. The spread of invasive species and infectious disease as drivers of
446 ecosystem change. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 5, p. 238-246, 2008.
447

448 DAVID, P. *et al.* Impacts of invasive species on food webs: a review of empirical
449 data. **Advances in ecological research**, v. 56, p. 1-60, 2017.
450

451 DAVIES, N. B.; MADDEN, J. R.; BUTCHART, S. H. M. Learning fine-tunes a specific
452 response of nestlings to the parental alarm calls of their own species. **Proceedings of the**
453 **Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 271, n. 1554, p. 2297-2304,
454 2004.
455

456 DIDHAM, R. K.; TYLIANAKIS, J. M.; HUTCHISON, M. A.; EWERS, R. M.; GEMMELL,
457 N. J. Are invasive species the drivers of ecological change?. **Trends in ecology & evolution**,
458 v. 20, n. 9, p. 470-474, 2005.
459

460 DOMÍNGUEZ, S. C. L. *et al.* Predicting the invasion of the acoustic niche: Potential
461 distribution and call transmission efficiency of a newly introduced frog in Cuba. **Perspectives**
462 **in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 1, p. 90-97, 2021.
463

464 DYSON, Miranda; HALLIDAY, Tim; BUSH, Sarah. Phonotaxis by female Majorcan
465 midwife toads, *Alytes muletensis*. **Behaviour**, Leiden, v. 135, n. 2, p. 213-230, 1998.
466

467 EMMRICH, M. *et al.* A guild classification system proposed for anuran advertisement
468 calls. **Zoosystematics and Evolution**, v. 96, p. 515, 2020.
469

470 ESTRELA, M. N.; SIMÕES, C. R. M. A.; VIEIRA, G. H. C.; ARAÚJO, C. B. Predicting the
471 effects of noise on Anuran spatial distribution: the case of *Scinax nebulosus*. **Bioacoustics**, v.
472 29, n. 4, p. 481-497, 2019.
473

474 FORTI, L. R.; MOTT, T.; STRUESSMANN, C. Breeding biology of *Ameerega braccata*
475 (Steindachner, 1864)(Anura: Dendrobatidae) in the Cerrado of Brazil. **Journal of Natural**
476 **history**, v. 47, n. 35-36, p. 2363-2371, 2013.

477

478 FORTI, L. R.; COSTA, W. P.; MARTINS, L. B.; NUNES-DE-ALMEIDA, C. H.; TOLEDO,
479 L. F. Advertisement call and genetic structure conservatism: good news for an endangered
480 Neotropical frog. **PeerJ**, v. 4, p. e2014, 2016.

481

482 FORTI, L. R.; FORTI, A. B. B. S.; MÁRQUEZ, R.; TOLEDO, L. F.; FOSTER, S.
483 Behavioural response evoked by conspecific distress calls in two neotropical
484 treefrogs. **Ethology**, v. 123, n. 12, p. 942-948, 2017.

485

486 FORTI, L. R.; LINGNAU, R.; ENCARNACAO, L. C.; BERTOLUCI, J.; TOLEDO, L. F.
487 Can treefrog phylogeographical clades and species' phylogenetic topologies be recovered by
488 bioacoustical analyses?. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0169911, 2017.

489

490 FORSMAN, A.; HAGMAN, M.. Calling is an honest indicator of paternal genetic quality in
491 poison frogs. **Evolution**, v. 60, n. 10, p. 2148-2157, 2006.

492

493 FROST, D. R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Disponível em:
494 <<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Brachycephaloidea/Strabomantida>
495 [e/Pristimantinae/Pristimantis](https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Brachycephaloidea/Strabomantida)>. Acesso em: 18, setembro de 2022o.

496

497 FURTADO, R. Behavioural responses of *Hypsiboas lundii* (Anura: Hylidae) to visual and
498 acoustic aggressive stimuli. **Herpetology Notes**, v. 10, p. 659-664, 2017.

499

500 GERHARDT, H. C. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic
501 criteria. **Animal Behaviour**, v. 42, n. 4, p. 615-635, 1991.

502

503 GREEN, D. B.; OHLEMACHER, J.; ROSEN, M. J. Benefits of stimulus exposure:
504 developmental learning independent of task performance. **Frontiers in neuroscience**, v. 10,
505 p. 263, 2016.

506

507 GRÖNING, J.; HOCHKIRCH, A.. Reproductive interference between animal species. **The**
508 **Quarterly review of biology**, v. 83, n. 3, p. 257-282, 2008.

509

510 GUPTA, S.; ALLURI, R. K.; ROSE, G. J.; BEE, M. A. Neural basis of acoustic species

511 recognition in a cryptic species complex. **Journal of Experimental Biology**, v. 224, n. 23, p.
512 jeb243405, 2021.

513

514 GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, P. D. A.; CASTILLO, K; MARTÍNEZ, D., ROCHA, C. F. D;
515 ROJAS-RIVERA, M. A. Trophic ecology of *Pristimantis labiosus* (Anura: Craugastoridae)
516 from South-Western Colombia. **North-Western Journal of Zoology**, v. 12, n. 1, p. 102-109,
517 2016.

518

519 HANSON, M. T.; COSS, RICHARD G. Age differences in the response of California ground
520 squirrels (*Spermophilus beecheyi*) to conspecific alarm calls. **Ethology**, v. 107, n. 3, p. 259-
521 275, 2001.

522

523 HARTMANN, M. T.; GIASSON, L. O.; HARTMANN, P. A.; HADDAD, C. F. Visual
524 communication in Brazilian species of anurans from the Atlantic forest. **Journal of Natural**
525 **History**, v. 39, n. 19, p. 1675-1685, 2005.

526

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

530

531 HERRERA-MONTES, M. I.; AIDE, T. M. Impacts of traffic noise on anuran and bird
532 communities. **Urban Ecosystems**, v. 14, n. 3, p. 415-427, 2011.

533

534 HÖBEL, G.; KIM, D. S.; NEELON, D. Do Green treefrogs (*Hyla cinerea*) eavesdrop on prey
535 calls? **Journal of Herpetology**, v. 48, n. 3, p. 389-393, 2014.

536

537 HÖBEL, G.; FEAGLES, O.; RUDER, E. Diversity and Sexual Dichromatism in Treefrog
538 Throat Coloration: Potential Signal Function? **Journal of Herpetology**, v. 56, n. 3, p. 294-
539 301, 2022.

540

541 IUCN: União Internacional para a Conservação da Natureza. *Pristimantis ramagii*. Disponível
542 em: < <https://www.iucnredlist.org/species/56898/11541329>>. Acesso em: 18, setembro de
543 2022o.

544

545 KELLEHER, S. R.; SILLA, A. J.; BYRNE, P. G. Animal personality and behavioral
546 syndromes in amphibians: a review of the evidence, experimental approaches, and
547 implications for conservation. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 72, n. 5, p. 1-26,
548 2018.

549

550 KOEHLER, J. *et al.* The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology,
551 methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, v. 4251, n. 1, p. 1–124-1–124,
552 2017.

553

554 JAMES, L. S.; TAYLOR, R. C.; HUNTER, K. L.; RYAN, M. J. Evolutionary and allometric
555 insights into anuran auditory sensitivity and morphology. **Brain, Behavior and Evolution**, v.
556 97, n. 3-4, p. 138-148, 2022.

557

558 JANG, Y. *et al.* Geographic variation in advertisement calls in a tree frog species: gene flow
559 and selection hypotheses. **PloS one**, v. 6, n. 8, p. e23297, 2011.

560

561 JUAREZ, B. H.; ADAMS, D. C. Evolutionary allometry of sexual dimorphism of jumping
562 performance in anurans. *Evolutionary Ecology*, v. 36, n. 4, p. 717-733, 2022.

563

564 KAEFER, Í. L.; BOELTER, R. A.; CECHIN, S. Z.. Reproductive biology of the invasive
565 bullfrog *Lithobates catesbeianus* in southern Brazil. In: **Annales Zoologici Fennici**. Finnish
566 Zoological and Botanical Publishing Board, 2007. p. 435-444.

567

568 LAMPRECHT, J. **Biologische Forschung: von der Planung bis zur Publikation**. 73. Ed.
569 Furth: Filander Verlag. 1992. 158 p.

570

571 LEARY, C. J.; CROCKER-BUTA, S.; HOLLOWAY, A.; KENNEDY, J. G. C.
572 Glucocorticoid-mediated changes in male green treefrog vocalizations alter attractiveness to
573 females. **Integrative and Comparative Biology**, v. 61, n. 1, p. 283-291, 2021.

574

575 LEHTINEN, R. M.; WOJTOWICZ, E. A.; HAILEY, A. Male vocalizations, female
576 discrimination and molecular phylogeny: multiple perspectives on the taxonomic status of a
577 critically endangered Caribbean frog. **Journal of Zoology**, v. 283, n. 2, p. 117-125, 2011.

578

579 LI, X.; ISHIMOTO, H.; KAMIKOUCHI, A. Auditory experience controls the maturation of
580 song discrimination and sexual response in *Drosophila*. **eLife**, v. 7, p. e34348, 2018.
581

582 LINGNAU, Rodrigo *et al.* Vocalization of *Hylodes meridionalis* (Mertens)(Anura,
583 Hylodidae) in Rio Grande do Sul, Brazil, with comments on nocturnal calling in the family
584 Hylodidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 48, n. 1, p. 76-80, 2013.
585

586 LIU, P.; ZHANG, Z.; ZHAO, S.; ZHAO, W. Effect of female reproduction and mate choice
587 on sexual size dimorphism in the northeast treefrog *Hyla ussuriensis* (Anura: Hylidae) in
588 China. **Asian Herpetol. Res**, v. 3, p. 273-279, 2012.
589

590 LOAIZA-PIEDRAHÍTA, J. D.; BOCK, B. C.; PÁEZ, V. P. Demography of the Andean Dart
591 Frog (*Andinobates opisthomelas*, Dendrobatidae) in Eastern Antioquia, Colombia. **South**
592 **American Journal of Herpetology**, v. 11, n. 2, p. 81-88, 2016.
593

594 MADDEN, N.; JEHLE, R. Acoustic orientation in the great crested newt (*Triturus*
595 *crystatus*). **Amphibia-Reptilia**, v. 38, n. 1, p. 57-65, 2017.
596

597 MARSHALL, V. T.; SCHWARTZ, J. J.; GERHARDT, H. C. Effects of heterospecific call
598 overlap on the phonotactic behaviour of grey treefrogs. **Animal Behaviour**, v. 72, n. 2, p.
599 449-459, 2006.
600

601 MATEO, J. M. The development of alarm-call response behaviour in free-living juvenile
602 Belding's ground squirrels. **Animal Behaviour**, v. 52, n. 3, p. 489-505, 1996.
603

604 MANZANO, M. C. R.; SAWAYA, R. J. Environmental and phylogenetic aspects affect in
605 different ways the acoustic niche of a frog community in southeastern Brazil. **Anais da**
606 **Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, 2022.
607

608 MEDEIROS, C. I.; BOTH, C.; GRANT, T.; HARTZ, S. M. Invasion of the acoustic niche:
609 variable responses by native species to invasive american bullfrog calls. **Biological**
610 **Invasions**, v. 19, n. 2, p. 675-690, 2017.
611

612 MIKULA, P. *et al.* A global analysis of song frequency in passerines provides no support for

613 the acoustic adaptation hypothesis but suggests a role for sexual selection. **Ecology Letters**,
614 v. 24, n. 3, p. 477-486, 2021.

615

616 MORAIS, C. S. de *et al.* Zooplankton associated with phytotelmns and treefrogs in a
617 neotropical forest. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 109, 2019.

618

619 MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. The evolutionary impact of invasive
620 species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, n. 10, p. 5446-5451,
621 2001.

622

623 NARINS, P. M.; FENG, A. S. Hearing and sound communication in amphibians: Prologue
624 and prognostication. In: **Hearing and sound communication in amphibians**. Springer, New
625 York, NY, 2007. p. 1-11.

626

627 NARINS, P. M.; MEENDERINK, S. W. F. Climate change and frog calls: long-term
628 correlations along a tropical altitudinal gradient. **Proceedings of the Royal Society B:
629 Biological Sciences**, v. 281, n. 1783, p. 20140401, 2014.

630

631 NASCIMENTO, L. B.; CRUZ, C. A.G.; FEIO, R. N. A new species of diurnal frog in the
632 genus *Crossodactylus* Duméril and Bibron, 1841 (Anura, Leptodactylidae) from southeastern
633 Brazil. **Amphibia-Reptilia**, v. 26, n. 4, p. 497-505, 2005.

634

635 NEELON, D. P.; HÖBEL, G. Staying ahead of the game—plasticity in chorusing behavior
636 allows males to remain attractive in different social environments. **Behavioral Ecology and
637 Sociobiology**, v. 73, n. 9, p. 1-11, 2019.

638

639 MINELLI, Alessandro. **The development of animal form: ontogeny, morphology, and
640 evolution**. 79. ed. 2004. Cambridge: Cambridge: Cambridge University Press, 2004, 322 p.

641

642 NOWICKI, S.; PETERS, S.; PODOS, J.. Song learning, early nutrition and sexual selection in
643 songbirds. **American Zoologist**, v. 38, n. 1, p. 179-190, 1998.

644

645 OITAVEN, L. P.C.; SANTOS, J. R.; SILVA, A. O; GAMBALE, P. G.; MOURA, G. J. B.
646 Description of vocalizations and Analysis of variation intra and inter-individual of

647 *Pristimantis ramagii* (Boulenger, 1888) in an upland swamp, Northeast Brazil. **Herpetology**
648 **notes**, v. 10, p. 197-203, 2017.

649

650 OLIVA, M. V.; KAISER, K.; ROBERTSON, J. M.; GRAY, D. A.; HEBETS, E. Call
651 recognition and female choice in a treefrog with a multicomponent call. **Ethology**, v. 124, n.
652 5, p. 331-337, 2018.

653

654 OLIVEIRA, F. F. R.; NOGUEIRA, P. A. G.; ETEROVICK, P. C. Natural history of
655 *Phyllomedusa megacephala* (Miranda-Ribeiro, 1926) (Anura: Hylidae) in southeastern Brazil,
656 with descriptions of its breeding biology and male territorial behaviour. **Journal of Natural**
657 **History**, v. 46, n. 1-2, p. 117-129, 2012.

658

659 PADIAL, J. M.; DE LA RIVA, I. Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of
660 *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 155, n.
661 1, p. 97-122, 2009.

662

663 PENNA, M.; VELÁSQUEZ, N. A.; BOSCH, J. Dissimilarities in auditory tuning in midwife
664 toads of the genus *Alytes* (Amphibia: Anura). **Biological Journal of the Linnean Society**, v.
665 116, n. 1, p. 41-51, 2015.

666

667 PENNA, M.; SOLÍS, R.; MORENO-GÓMEZ, F. N. Diverse patterns of responsiveness to
668 fine temporal features of acoustic signals in a temperate austral forest frog, *Batrachyla*
669 *leptopus* (Batrachylidae). **Bioacoustics**, v. 31, n. 2, p. 219-239, 2022.

670

671 PÉREZ-GRANADOS, C. *et al.* Elucidating the diel and seasonal calling behaviour of
672 *Elachistocleis matogrosso* (Anura: Microhylidae). **Journal of Natural History**, v. 53, n. 43-
673 44, p. 2699-2710, 2019.

674

675 PEREIRA, E. N.; LIRA, C. S.; SANTOS, E. M. Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos
676 anfíbios anuros, em fragmento de mata atlântica. **Revista Ibero-Americana de Ciências**
677 **Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 70-83, 2017.

678

679 PFENNIG, K. S.; KELLY, A. L.; PIERCE, A. A. A hibridização como facilitadora da
680 expansão das espécies. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283,

681 n. 1839, pág. 20161329, 2016.

682

683 PLATZEN, D.; MAGRATH, R. D. Adaptive differences in response to two types of parental
684 alarm call in altricial nestlings. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.
685 272, n. 1568, p. 1101-1106, 2005.

686

687 PONNATH, A.; RYAN, M. J.; FANG, Z.; FARRIS, H. E. Tuned in to communication
688 sounds: Neuronal sensitivity in the túngara frog midbrain to frequency modulated signals.
689 **Plos one**, v. 17, n. 5, p. e0268383, 2022.

690

691 PRASAD, V. K.; CHUANG, M.; DAS, A.; RAMESH, K.; YI, Y.; DINESH, K. P.; BORZÉE,
692 A. Coexisting good neighbours: acoustic and calling microhabitat niche partitioning in two
693 elusive syntopic species of balloon frogs, *Uperodon systoma* and *U. globulosus* (Anura:
694 Microhylidae) and potential of individual vocal signatures. **BMC Zoology**, v. 7, n. 1, p. 1-12,
695 2022.

696

697 PUTMAN, B. J.; COSS, R. G.; CLARK, R. W. The ontogeny of antipredator behavior: age
698 differences in California ground squirrels (*Otospermophilus beecheyi*) at multiple stages of
699 rattlesnake encounters. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 69, n. 9, p. 1447-1457,
700 2015.

701

702 RAMAKRISHNAN, U.; G. COSS, R. Age differences in the responses to adult and juvenile
703 alarm calls by bonnet macaques (*Macaca radiata*). **Ethology**, v. 106, n. 2, p. 131-144, 2000.

704

705 RASPET, R.; WEBSTER, J. Wind noise under a pine tree canopy. **The Journal of the**
706 **Acoustical Society of America**, v. 137, n. 2, p. 651-659, 2015.

707

708 RIVERA, M.; LOUDER, M. I.; KLEINDORFER, S.; LIU, W. C.; HAUBER, M. E. Avian
709 prenatal auditory stimulation: progress and perspectives. **Behavioral Ecology and**
710 **Sociobiology**, v. 72, n. 7, p. 1-14, 2018.

711

712 ROBERTO, Igor J.; AVILA, Robson W. The advertisement call of *Phyllodytes gyrinaethes*
713 Peixoto, Caramaschi & Freire, 2003 (Anura, Hylidae). **Zootaxa**, v. 3669, n. 2, p. 193-196,
714 2013.

715

716 ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; MAZZONI, R. Invasive vertebrates in
717 Brazil. **Biological invasions: Economic and environmental costs of alien plant, animal,
718 and microbe species**, p. 53-106, 2011.

719

720 RODRIGUEZ, A. *et al.* Temporal and spatial variability of animal sound within a neotropical
721 forest. **Ecological Informatics**, v. 21, p. 133-143, 2014.

722

723 ROWLEY, Jodi. How can you tell a male from a female frog? 2015. Disponível em:
724 <[https://australian.museum/blog-archive/science/how-can-you-tell-a-male-from-a-female-
725 frog/](https://australian.museum/blog-archive/science/how-can-you-tell-a-male-from-a-female-frog/)>. Acesso em: 19 setembro 2022

726

727 RYAN, M. J.; GUERRA, M. A. The mechanism of sound production in túngara frogs and its
728 role in sexual selection and speciation. **Current opinion in neurobiology**, v. 28, p. 54-59,
729 2014.

730

731 SACCHI, R.; CIGOGNINI, R.; GAZZOLA, A.; BERNINI, F.; RAZZETTI, E. Male calling
732 activity in syntopic populations of *Rana latastei* and *Rana dalmatina* (Amphibia:
733 Anura). **Italian Journal of Zoology**, v. 82, n. 1, p. 124-132, 2015.

734

735 SANTANA, F. E.; SWAISGOOD, R. R.; LEMM, J. M.; FISHER, R. N.; CLARK, R. W.
736 Chilled frogs are hot: hibernation and reproduction of the endangered mountain yellow-legged
737 frog *Rana muscosa*. **Endangered Species Research**, v. 27, n. 1, p. 43-51, 2015.

738

739 SCHIEL, N.; HUBER, L. Social influences on the development of foraging behavior in
740 free-living common marmosets (*Callithrix jacchus*). **American Journal of Primatology:
741 Official Journal of the American Society of Primatologists**, v. 68, n. 12, p. 1150-1160,
742 2006.

743

744 SCHLOEGEL, L. M. *et al.* Magnitude of the US trade in amphibians and presence of
745 *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American
746 bullfrogs (*Rana catesbeiana*). **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1420-1426, 2009.

747

748 SCHRODE, K. M.; WARD, J. L.; VÉLEZ, A. Female preferences for spectral call properties

749 in the western genetic lineage of Cope's gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). **Behavioral**
750 **ecology and sociobiology**, v. 66, n. 12, p. 1595-1606, 2012.

751

752 SENZAKI, M.; KADOYA, T.; FRANCIS, C. D.; ISHIYAMA, N.; NAKAMURA, F.
753 Suffering in receivers: negative effects of noise persist regardless of experience in female
754 anurans. **Functional Ecology**, v. 32, n. 8, p. 2054-2064, 2018.

755

756 SHEN, Jun-Xian *et al.* Ultrasonic frogs show hyperacute phonotaxis to female courtship
757 calls. **Nature**, v. 453, n. 7197, p. 914-916, 2008.

758

759 SLOAN, J. L.; HARE, J. F. The more the scarier: adult Richardson's ground squirrels
760 (*Spermophilus richardsonii*) assess response urgency via the number of alarm
761 signallers. **Ethology**, v. 114, n. 5, p. 436-443, 2008.

762

763 SMITH, M. J.; ROBERTS, J. D. Call structure may affect male mating success in the
764 quacking frog *Crinia georgiana* (Anura: Myobatrachidae). **Behavioral Ecology and**
765 **sociobiology**, v. 53, n. 4, p. 221-226, 2003.

766

767 SNOWDON, C. T. Vocal communication in family-living and pair-bonded primates.
768 In: **Primate hearing and communication**. Springer, Cham, 2017. p. 141-174.

769

770 SILVEIRA, S. S.; GUIMARÃES, M.. The enemy within: consequences of the invasive
771 bullfrog on native anuran populations. **Biological Invasions**, v. 23, n. 2, p. 373-378, 2021.

772

773 SINSCH, U.; LÜMKEMANN, K.; ROSAR, K.; SCHWARZ, C.; DEHLING, M. Acoustic
774 niche partitioning in an anuran community inhabiting an Afromontane wetland (Butare,
775 Rwanda). **African Zoology**, v. 47, n. 1, p. 60-73, 2012.

776

777 SONG, J. *et al.* Flexibility as a strategy for avoiding call overlap in male Anhui Treefrogs.
778 **Asian Herpetological Research**, v. 11, n. 3, p. 230-240, 2020.

779

780 SUN, X.; ZHAO, L.; CHEN, Q.; WANG, J.; CUI, J. Auditory sensitivity changes with
781 diurnal temperature variation in little torrent frogs (*Amolops torrentis*). **Bioacoustics**, v. 29, n.
782 6, p. 684-696, 2020.

783

784 STARNBERGER, I. *et al.* Take time to smell the frogs: vocal sac glands of reed frogs
785 (Anura: Hyperoliidae) contain species-specific chemical cocktails. **Biological Journal of the**
786 **Linnean Society**, v. 110, n. 4, p. 828-838, 2013.

787

788 STEPHENSON, A.; ADAMS, J. W.; VACCAREZZA, M. The vertebrate heart: an
789 evolutionary perspective. **Journal of anatomy**, v. 231, n. 6, p. 787-797, 2017.

790

791 SWEENEY, K. *et al.* Assessing the effects of rearing environment, natural selection, and
792 developmental stage on the emergence of a behavioral syndrome. **Ethology**, v. 119, n. 5, p.
793 436-447, 2013.

794

795 SUBOSKI, M. D. Releaser-induced recognition learning by amphibians and reptiles. **Animal**
796 **Learning & Behavior**, v. 20, n. 1, p. 63-82, 1992.

797

798 TENNESSEN, J. B.; PARKS, S. E.; TENNESSEN, T. P.; LANGKILDE, T. Raising a racket:
799 invasive species compete acoustically with native treefrogs. **Animal Behaviour**, v. 114, p.
800 53-61, 2016.

801

802 TREVISAN, C. C. *et al.* Cryptic diversity and ancient diversification in the northern Atlantic
803 Forest *Pristimantis* (Amphibia, Anura, Craugastoridae). **Molecular Phylogenetics and**
804 **Evolution**, v. 148, p. 106811, 2020.

805

806 TIBBETTS, E. A.; DALE, J. Individual recognition: it is good to be different. **Trends in**
807 **ecology & evolution**, v. 22, n. 10, p. 529-537, 2007.

808

809 TOBIAS, M. L.; CORKE, A.; KORSH, J.; YIN, D.; KELLEY, D. B. Vocal competition in
810 male *Xenopus laevis* frogs. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 64, p. 1791-1803, 2010.

811

812 TOLEDO, L. F.; HADDAD, C. F. B. Reproductive biology of *Scinax fuscomarginatus*
813 (Anura, Hylidae) in south-eastern Brazil. **Journal of Natural History**, v. 39, n. 32, p. 3029-
814 3037, 2005.

815

816 TOLEDO, L. F. *et al.* The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta**

817 **ethologica**, v. 18, n. 2, p. 87-99, 2015.

818

819 URSZÁN, T. J. *et al.* No personality without experience? A test on *Rana dalmatina*
820 tadpoles. **Ecology and Evolution**, v. 5, n. 24, p. 5847-5856, 2015.

821

822 VALERO, Alejandra. Mating Interference Due to Introduction of Exotic
823 Species. **Encyclopedia of Animal Behavior**, p. 279, 2019.

824

825 VARGAS-SALINAS, F.; DORADO-CORREA, A.; AMÉZQUITA, A. Microclimate and
826 stream noise predict geographic divergence in the auditory signal of a threatened poison
827 frog. **Biotropica**, v. 46, n. 6, p. 748-755, 2014.

828

829 VENÂNCIO, N. M. *et al.* First record of *Rhinella poeppigii* (Tschudi, 1845) in Brazil (Anura,
830 Bufonidae). **Check List**, v. 13, n. 6, p. 747, 2017.

831

832 VILELA, B.; LISBOA, B. S.; NASCIMENTO, F. A. C.. Reproduction of *Agalychnis*
833 *granulosa* Cruz, 1989 (Anura: Hylidae). **Journal of Natural History**, v. 49, n. 11-12, p. 709-
834 717, 2015.

835

836 WADDELL, Emily H. *et al.* Hierarchies of evolutionary radiation in the world's most species
837 rich vertebrate group, the Neotropical *Pristimantis* leaf litter frogs. **Systematics and**
838 **Biodiversity**, v. 16, n. 8, p. 807-819, 2018.

839

840 WARD, J. L. *et al.* Multitasking males and multiplicative females: dynamic signalling and
841 receiver preferences in Cope's grey treefrog. **Animal Behaviour**, v. 86, n. 2, p. 231-243,
842 2013.

843

844 WELLS. D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p. 666-
845 693, 1977.

846

847 WELLS, Kentwood D. The ecology and behavior of amphibians. In: **The Ecology and**
848 **Behavior of Amphibians**. University of Chicago press, 2010.

849

850 WILSON, A. D. M; KRAUSE, J. Personality and metamorphosis: is behavioral variation

851 consistent across ontogenetic niche shifts?. **Behavioral Ecology**, v. 23, n. 6, p. 1316-1323,
852 2012.

853

854 WOLLERMAN, L.; WILEY, R. Haven. Background noise from a natural chorus alters
855 female discrimination of male calls in a Neotropical frog. **Animal Behaviour**, v. 63, n. 1, p.
856 15-22, 2002.

857

858 WOGEL, H.; ABRUNHOSA, P. A.; POMBAL J. P. Atividade reprodutiva de *Physalaemus*
859 *signifer* (Anura, Leptodactylidae) em ambiente temporário. **Iheringia: Série Zoologia**, v. 92,
860 p. 57-70, 2002.

861

862 YU, T. L.; LU, X. Sex recognition and mate choice lacking in male Asiatic toads (*Bufo*
863 *gargarizans*). **Italian Journal of Zoology**, v. 77, n. 4, p. 476-480, 2010.

864

865 YU, Y. *et al.* Female Preferences for Call Properties of Giant Spiny Frog (*Quasipaa spinosa*).
866 **Pak. J. Zool**, v. 52, p. 825-1224, 2020.

867

868 ZAFFARONI-CAORSI, V. *et al.* **Effects of anthropogenic noise on anuran**
869 **amphibians. Bioacoustics**. Oxford: Taylor & Francisco, 2020, 738 p.

870

871 ZANETTE, L. Y.; WHITE, A. F.; ALLEN, M. C.; CLINCHY, M. Perceived predation risk
872 reduces the number of offspring songbirds produce per year. **Science**, v. 334, n. 6061, p.
873 1398-1401, 2011.

874

875 ZANK, C. *et al.* Calling activity and agonistic behavior of *Pseudis minuta* Günther, 1858
876 (Anura, Hylidae, Hylinae) in the Reserva Biológica do Lami, Porto Alegre, Brazil. South
877 **American Journal of Herpetology**, v. 3, n. 1, p. 51-57, 2008.

878

879 ZARACHO, V. H.; AGUIAR, L. D.; GIARETTA, A. A. Geographic variation in the
880 advertisement call of *Trachycephalus typhonius* Anura: Hylidae) based on South American
881 samples. **Zootaxa**, v. 4521, n. 3, p. 404–416, 2018.

882

883 ZHANG, H. *et al.* Females and males respond differently to calls impaired by noise in a tree
884 frog. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 13, p. 9159-9167, 2021.

885

886 ZHAO, L.; LIU, Q.; QIN, Y.; ZHAI, X.; TU, F.; WANG, T.; WANG, J. Geographical
887 variation of the acoustic signals in the spot-legged treefrog (*Polypedates megacephalus*) of
888 Hainan Island. **Integrative Zoology**, 2022.

889

890 ZHU, B. *et al.* Male-male competition and female choice are differentially affected by male
891 call acoustics in the serrate-legged small treefrog, *Kurixalus odontotarsus*. **PeerJ**, v. 5, p.
892 e3980, 2017.

893

894 ZIMMERMANN, E. Primate serenades: call variation, species diversity, and adaptation in
895 nocturnal strepsirrhines. In: **Leaping Ahead**. Springer, New York, NY, 2012. p. 287-29.

896

897 ZINA, J.; HADDAD, C. F. B. Reproductive activity and vocalizations of *Leptodactylus*
898 *labyrinthicus* (Anura: Leptodactylidae) in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 5, p. 119-
899 129, 2005.

900

901

902

903 Artigo a ser submetido para a revista *Plos One* (Qualis: A1; Fator de impacto 3.24)

904 Normas da revista: <https://journals.plos.org/plosone/s/submission-guidelines>

905

906 Eu sei quem você é: fêmeas de anuros discriminam cantos de machos nativos e exóticos
907 alopátricos independentemente de sua idade

908

909 Título curto: Percepção e discriminação acústica por fêmeas de anuros

910

911

912 **Flávio José da Silva¹, Antonio da Silva Souto², Thiago Gonçalves-Souza^{3,4}, e Nicola**
913 **Schiel^{1*}**

914

915 ¹ Laboratório de Etologia Teórica e Aplicada, Departamento de Biologia, Universidade
916 Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brazil

917

918 ² Laboratório de Etologia, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco,
919 Recife, Brazil

920

921 ³ Institute for Global Change Biology, School for Environment and Sustainability, University
922 of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA

923

924 ⁴ Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Michigan, Ann Arbor,
925 Michigan, USA

926

927

928 ***Autor de correspondência**

929 Nicola Schiel

930 Universidade Federal Rural de Pernambuco

931 Departamento de Biologia

932 Recife, Pernambuco

933 Brasil

934 Email: nschiel@yahoo.com

935

936

937 **Resumo**

938

939 O reconhecimento acústico refere-se à habilidade de um organismo receptor identificar
940 outro organismo com base nas características acústicas dos sons que este emite. Esse
941 processo auxilia os receptores a perceberem e distinguirem os emissores, e sons acústicos
942 podem conter dados relevantes do parentesco e estado reprodutivo do emissor. Este
943 reconhecimento pode ser influenciado pela natureza inata do sistema auditivo dos
944 receptores para identificar características específicas nos sons emitidos por outros
945 indivíduos da mesma espécie. No entanto, o sucesso deste reconhecimento pode ser
946 melhorado via aprendizado. Nas fêmeas de anuros, existe uma tendência em preferir cantos
947 reprodutivos masculinos facilmente perceptíveis e distinguíveis, pois isso lhes garante que o
948 vocalizador é um potencial parceiro da mesma espécie. Em anuros, os machos apresentam
949 características acústicas específicas em seus cantos, que são espécie específicas. No entanto,
950 os sons emitidos por espécies exóticas pode interferir nas interações reprodutivas de
951 espécies nativas. Isso está representado na presença de convergência das propriedades dos
952 sinais acústicos entre espécies nativas e exóticas, tornando desafiador para as fêmeas
953 distinguir entre os cantos intra e interespecíficos. No reino animal, o reconhecimento
954 acústico de um ouvinte pode ser facilitado pela sintonia inata do sistema auditivo à
955 características vocais dos cantores da mesma espécie, sendo passível de melhoria via
956 aprendizagem. Entretanto faltam estudos que abordem a influência da idade das fêmeas no
957 reconhecimento acústico de cantos emitidos por machos da mesma espécie e de espécies
958 diferentes. Neste estudo, realizamos um experimento em ambiente natural com o objetivo
959 de investigar se a idade das fêmeas está relacionada à capacidade de distinguir
960 acusticamente entre os cantos de machos nativos e exóticos. Os resultados mostraram que
961 as fêmeas responderam de maneira significativamente maior ao canto do macho nativo do
962 que ao exótico, não existindo influência da idade nessa resposta. Além disso, as fêmeas
963 reagiram mais rapidamente ao canto nativo em comparação com o exótico, sem qualquer
964 efeito da idade nessa reação. Nossos achados sugerem que as fêmeas de anuros não
965 enfrentam restrições de aprendizado durante seu desenvolvimento comportamental em
966 relação ao reconhecimento acústico, possivelmente porque investir em aprendizado teria um
967 custo elevado, dada sua curta expectativa de vida e a sazonalidade da atividade reprodutiva
968 do grupo.

969

970

971

972 **Introdução**

973

974 A escolha pelo parceiro ideal tem sido uma das forças motrizes na evolução (KLUG *et*
975 *al.*, 2010). Enquanto um leque de escolhas se baseia em traços filogenéticos (ALCOCK,
976 2010), ajustes comportamentais passam a ser fundamentais no sucesso reprodutivo de uma
977 espécie. As escolhas do parceiro se baseiam em traços que podem ser expressos através de
978 elaboradas danças, cores, cantos, entre outros. Especificamente em se tratando dos cantos,
979 estes podem ser facilitados por uma sintonia congênita do sistema auditivo à características
980 vocais de cantores coespecíficos. Em se tratando dos Anfíbios Anuros, a emissão de cantos
981 passa a estar intimamente ligada à função reprodutiva (WELLS, 2010) servindo, inclusive,
982 como barreira pré zigótica (KÖHLER *et al.*, 2017). Os mesmos envolvem a capacidade de um
983 indivíduo receptor reconhecer e discriminar um emissor por meio de suas características
984 vocais (CARLSON *et al.*, 2020). O canto em si se apresenta essencial, pois pode ser feito à
985 distância e serve para estabelecer interações comportamentais defensivas, agressivas e
986 reprodutivas (TOLEDO *et al.*, 2015). As vocalizações com funções reprodutivas são diversas,
987 sendo o ‘canto de anúncio’ o mais frequentemente emitido (KÖHLER *et al.*, 2017;
988 EMMRICH *et al.*, 2020). Estes passa a exercer um papel fundamental na seleção sexual
989 destes animais (TOLEDO *et al.*, 2015; KÖHLER *et al.*, 2017). O ‘canto de anúncio’ possui
990 características espécie específica, variando a nível intraindividual, intraespecífico e
991 interespecífico (KÖHLER *et al.*, 2017). Assim, reconhecer o canto do parceiro sexual
992 intraespecífico é um fator chave para o sucesso reprodutivo para as fêmeas de anuros. Deste
993 modo, as fêmeas tendem a preferir cantos perceptíveis e distinguíveis, que lhes assegurem que
994 quem está vocalizando é um parceiro reprodutivo da mesma espécie (WOLLERMAN e
995 WILEY, 2002).

996 Sons novos podem interferir na interação acústica entre machos e fêmeas de espécies
997 nativas (MEDEIROS *et al.*, 2017). Dentre as possíveis interferências sonoras que um receptor
998 pode enfrentar no seu processo de reconhecimento sonoro, está a vocalização de espécies
999 exóticas (e.g. MEDEIROS *et al.*, 2017; BLEACH *et al.*, 2015; TENNESSEN *et al.*, 2016).
1000 Durante uma competição pelo uso do espaço acústico entre duas espécies nativas que
1001 coexistem, há um certo grau de tolerância entre as mesmas (PRASAD *et al.*, 2022). Contudo,
1002 quando uma espécie nativa passa a partilhar este espaço acústico com uma espécie invasora
1003 isto pode ser problemático. A curto prazo, esta recente simpatria pode resultar em uma
1004 convergência acústica em detrimento da pressão seletiva que podem exercer entre si

1005 (DOMÍNGUEZ *et al.*, 2021). Em razão disto, cabe a eficiência do reconhecimento acústico
1006 feminino ultrapassar esses obstáculos. Em decorrência de convergências acústicas, indivíduos
1007 nativos podem exibir respostas comportamentais em razão da presença de espécies exóticas,
1008 como: (i) silenciamento para poupar energia durante o mascaramento, o que impedirá que
1009 fêmeas se direcionem ao sítio reprodutivo (TENNESSEN *et al.*, 2016); (ii) maior gasto
1010 energético em modulações vocais que os façam se sobressair ao mascaramento (MEDEIROS
1011 *et al.*, 2017). Em se tratando deste último, estas mudanças vocais são ditadas pela preferência
1012 das fêmeas coespecífica, pois cantos parecidos podem diminuir a chance de serem
1013 reconhecidos por elas, de modo que a similaridade vocal pode ser um fator de confusão na
1014 seleção sexual feminina (BLEACH *et al.*, 2015; NEELON e HÖBEL, 2019; SONG, 2020).
1015 Alguns estudos demonstraram que fêmeas adultas são capazes de identificar coros
1016 coespecíficos (CHRISTIE *et al.*, 2010), e de se direcionar à machos preferidos dentre
1017 diferentes machos da mesma espécie (CHRISTIE *et al.*, 2019; WARD *et al.*, 2013). Às vezes,
1018 tal direcionamento se dá para espécies diferentes (BEE, 2007; TOLEDO *et al.*, 2015).

1019 Embora haja uma certa consolidação do reconhecimento acústico na seleção sexual
1020 por parte de fêmeas anuros (CHRISTIE *et al.*, 2019; WARD *et al.*, 2013), o papel da idade e
1021 experiência das fêmeas sobre o reconhecimento de machos é ainda pouco explorado, sendo
1022 ausente em ambientes naturais. Tal tema se mostra limitado desde a obtenção da idade das
1023 fêmeas a se trabalhar, haja visto que a faixa etária nos anuros pode ser obtido por uma
1024 variedade de métodos de datação cronológica (WELLS, 2010), no qual nem todas espécies
1025 possuem faixa etária, longevidade e idade de maturação sexual descritos (ver compilado em
1026 WELLS, 2010). Contudo, é possível observar o estágio reprodutivo via presença de massa de
1027 ovos (e.g. BIONDA, *et al.* 2011; PEREIRA e MANEYRO, 2012) e/ou estimar a idade de
1028 fêmeas através de seu tamanho via observação de seus Comprimentos Rostro-Cloacais (CRC)
1029 (CAJADE *et al.*, 2013; GUTIÉRREZ-CÁRDENAS *et al.*, 2016 e CHINCHILLA-LEMUS *et al.*
1030 *et al.*, 2020). Sabe-se que, à nível interespecífico, o tamanho dos anfíbios anuros pode se
1031 correlacionar com a sensibilidade auditiva destes, isto é, algumas espécies maiores do grupo
1032 tendem à ter maior sensibilidade acústica em razão de sua evolução alométrica (JAMES *et al.*,
1033 2022). DYSON *et al.* (1998) em seu estudo com *Alytes muletensis* verificaram, a nível
1034 intraespecífico, não haver evidências do efeito do tamanho (i.e., idade) feminino em
1035 preferências a cantos dos machos. Contudo, os estímulos utilizados eram de machos
1036 coespecíficos às fêmeas. Mais recentemente Leary *et al.* (2021) levantaram a questão se o
1037 tamanho de fêmeas anuro poderia ser um indutor na latência de respostas aos cantos dos
1038 machos. Os autores verificaram que não há uma relação significativa entre tais variáveis.

1039 Porém, tal resultado, provavelmente, foi tendencioso pela fato das fêmeas menores serem
1040 testadas com tratamentos de estímulos diferentes das maiores. Dessa forma, alguns trabalhos
1041 que até então abordam a fonotaxia de fêmeas anuros (e.g. CUI *et al.*, 2011; SCHRODE *et al.*,
1042 2012; OLIVA *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, YU *et al.*, 2020; PENNA *et al.*, 2022; GUPTA *et al.*,
1043 2021; PONNATH *et al.*, 2022) também tendem a fazer uso exclusivo de fêmeas maiores para,
1044 provavelmente, evitarem ausência de respostas durante os estímulos acústicos em suas
1045 pesquisas (e.g. WOLLERMAN e WILEY 2002; CHRISTIE *et al.*, 2010; SUN *et al.*, 2019;
1046 BOYD e GORDON, 2021; ZHANG, *et al.* 2021). Portanto, permanece a dúvida se o tamanho
1047 da fêmea, indicativo de idade, teria alguma influência em suas escolhas quanto ao canto do
1048 macho.

1049 Estudos com outros grupos de animais, indicam que o reconhecimento vocal pode ser
1050 aprimorado através de uma experiência adquirida pelo contato habitual com cantos que se
1051 apresentem funcionais ao longo da vida dos indivíduos (insetos: LI; ISHIMOTO;
1052 KAMIKOUCHI, 2018; roedores: HANSON e COSS, 2001; aves: ZANETTE *et al.*, 2011;
1053 BENEDICT, 2008; mamíferos: SNOWDON *et al.*, 2017). Como resultado dessas exposições,
1054 indivíduos mais velhos não só tendem a ter maior precisão na percepção de sons nos
1055 ambientes em que vivem, como também passam a discriminar melhor os cantos que ouvem
1056 (MATEO, 1996; SLOAN e HARE, 2008; RAMAKRISHNAN e COSS, 2000; CARLSON *et*
1057 *al.*, 2020). Especificamente em se tratando dos anfíbios, já se sabe que alguns indivíduos do
1058 clado Batrachia podem demonstrar diferenças comportamentais temporalmente repetitivas,
1059 bem como apresentam correlações interindividuais de características comportamentais ligadas
1060 a experiências já vividas (KELLEHER *et al.*, 2018). Assim, alguns traços comportamentais
1061 podem estar presentes ao longo de toda a vida do indivíduo (WILSON e KRAUSE, 2012) ou
1062 podem ser adquiridos a partir de uma experiência individual vivida (URSZÁN *et al.*, 2015).
1063 Trazendo para o enfoque acústico, há sugestões que alguns tritões podem exibir respostas
1064 fonotáticas a estímulos aprendidos (MADDEN e JEHLE, 2017). Especificamente nos anuros
1065 já há sugestões de que os machos do grupo aprendem a reconhecer vocalizações de rivais
1066 próximos e ajustam seus cantos em interações agressivas (NARINS *et al.*, 2007). Em se
1067 tratando das fêmeas do grupo, já foi discutido que, possivelmente, experiências acústicas
1068 anteriores podem ajudar fêmeas ovadas a mitigar os efeitos negativos de distrações ou
1069 aversões a ruídos, de modo que se constatou que fêmeas com experiências a longo prazo em
1070 ambientes ruidosos tendem evitar estes locais (SENZAKI *et al.*, 2018). Todavia, ainda há uma
1071 lacuna de estudos que visem avaliar o efeito da faixa etária da fêmea no reconhecimento
1072 acústico dos machos vocalizadores.

1073 Neste estudo, realizamos um experimento em ambiente natural com o objetivo de
1074 avaliar se a idade de fêmeas anuros determina uma melhor discriminação acústica entre o
1075 canto de machos nativos e exóticos. Como espécie nativa, utilizamos a espécie *Pristimantis*
1076 *ramagii* (Strabomantidae), que é endêmica da Mata Atlântica nordestina brasileira
1077 (TREVISAN *et al.*, 2020). Poucos estudos têm investigado o repertório comportamental das
1078 fêmeas desta espécie, especialmente estudos voltados para evidências do interesse das fêmeas
1079 pelos machos durante a seleção sexual da espécie. A espécie exótica escolhida foi
1080 *Pristimantis koehleri*, endêmica da Mata Amazônica da Bolívia, descoberta em 2009 através
1081 de uma análise taxonômica integrativa, que envolvia sua morfologia, bioacústica e filogenia
1082 (PADIAL e DE LA RIVA, 2009). Assim, a espécie nativa e a exótica não possuem
1083 sobreposição geográfica. Apesar do isolamento geográfico, ambas as espécies partilham
1084 mesmos turnos de atividade de canto, em período noturno (PADIAL e DE LA RIVA, 2009;
1085 OITAVEN *et al.*, 2017), bem como também possuem distribuição sazonal parecidas
1086 demarcadas essencialmente em estações chuvosas (PADIAL e DE LA RIVA, 2009;
1087 PEREIRA *et al.*, 2017). E se tratando da acústica desses animais, é sabido que se assemelham
1088 tanto na composição na quantidade de subunidades de seus cantos, como também em
1089 parâmetros temporais e espectrais de cantos (PADIAL e DE LA RIVA, 2009; OITAVEN *et*
1090 *al.*, 2017). Tais parâmetros nos possibilitam aferir de uma forma assegurada se a escolha das
1091 fêmeas se dá pelo reconhecimento através de um atributo congênito da espécie ou por
1092 características acústicas similares.

1093 Deste modo, tendo em vista que (i) o reconhecimento vocal é um atributo congênito e
1094 passível de ser sintonizado a características acústicas específicas da espécie (KOEHLER *et*
1095 *al.*, 2017,), (ii) que uma maior idade, indicado por um maior tamanho (para anuros: CAJADE
1096 *et al.*, 2013; GUTIÉRREZ-CÁRDENAS *et al.*, 2016 e CHINCHILLA-LEMUS *et al.*, 2020),
1097 pode levar a uma maior capacidade de discriminação acústica no reino animal (*e.g.* HANSON
1098 e COSS, 2001; DAVIES *et al.*, 2004; ZANETTE *et al.*, 2011; SNOWDON *et al.*, 2017; LI *et al.*,
1099 2018; RIVERA *et al.*, 2018), (iii) no qual a idade é um indicativo/precursor de experiência
1100 (CARLSON *et al.*, 2020), hipotetizamos que a idade de fêmeasanuros influencia em suas
1101 respostas comportamentais reprodutivas frente ao canto do macho. Assim, esperamos que (i)
1102 fêmeas mais velhas/experientes terão mais atratividade e menor latência de resposta à
1103 fonotaxia para cantos de machos nativos; (ii) fêmeas mais velhas/experientes terão menor
1104 atratividade e menor latência de resposta à fonotaxia para cantos de machos exóticos.

1105

1106

1107 **Material e métodos**

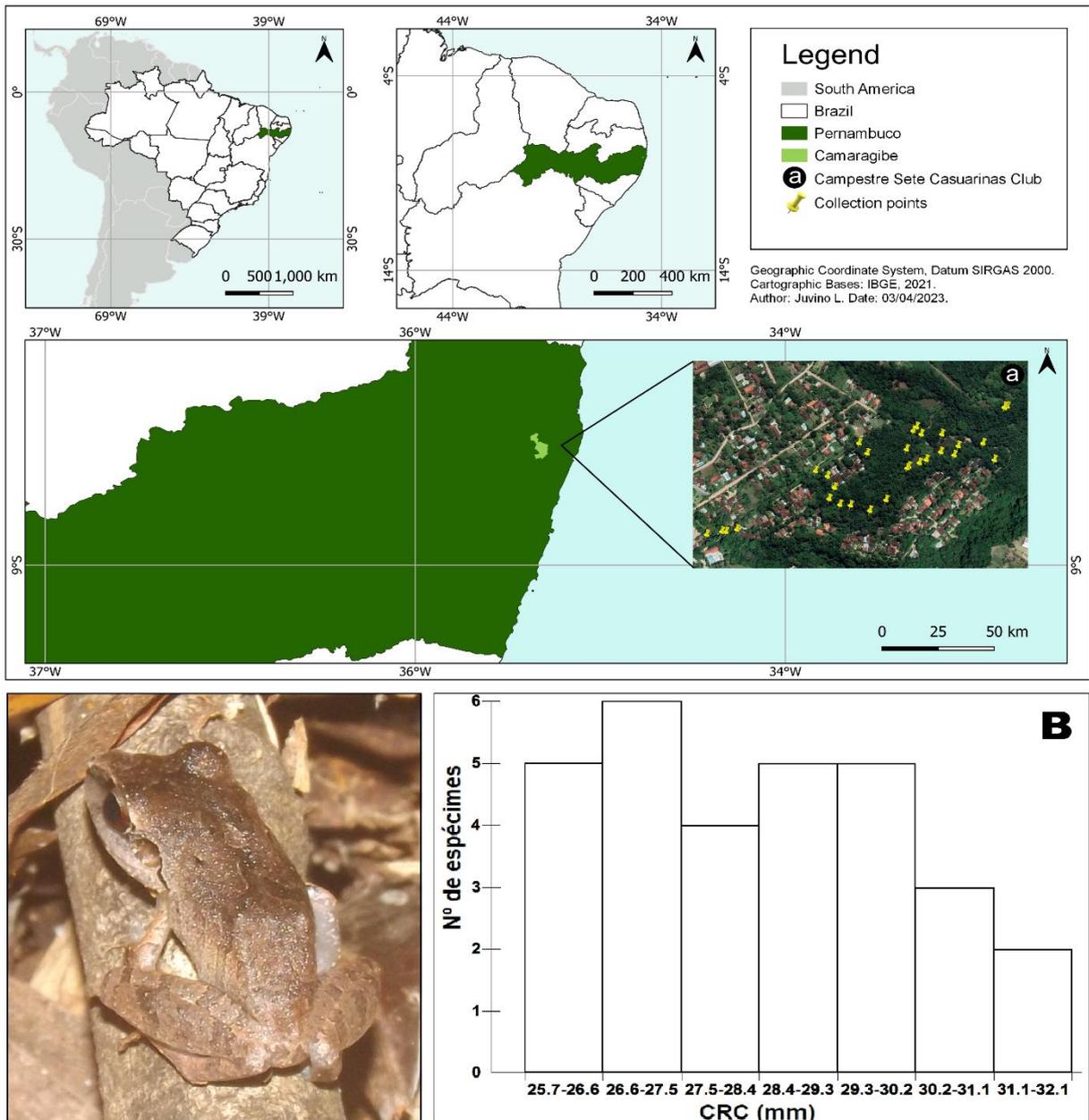
1108

1109 **Local de estudo**

1110

1111 A coleta de dados foi realizada em um fragmento de Mata Atlântica com vegetação primária e
1112 secundária (Fig 1A). O fragmento se localiza no bairro de Aldeia, no município de
1113 Camaragibe (8°03'S e 35°10'W, 174 metros acima do nível do mar), no estado de
1114 Pernambuco, Brasil. O fragmento, que tem inserido um conjunto habitacional privado, faz
1115 parte de uma área de reserva (APA Aldeia-Beberibe) com aproximadamente 31.634 hectares
1116 (para mais detalhes veja: SCHIEL e HUBER, 2006; CPRH-Pe, 2022). O clima local é sazonal
1117 e corresponde a variação de estações estabelecida na região Nordeste do Brasil, isto é: o início
1118 do outono no mês de março, inverno em junho, primavera em setembro e verão em dezembro
1119 (APAC, 2023). Contudo, é no mês de março (outono) que se inicia o período chuvoso na
1120 região, atingindo seu ápice entre junho e agosto (APAC, 2023). Neste período (junho a
1121 agosto), no local, as temperaturas variam de 17°C a 28°C com umidade de 90% a 100%;
1122 durante a estação seca, as temperaturas podem variar entre 25°C e 32°C com umidade de 70%
1123 a 80% (SCHIEL e HUBER, 2006). Apesar da presença humana, a área ainda se mantém
1124 relativamente conservada (CPRH-Pe, 2022).

1125 Todos os procedimentos foram realizados mediante aprovação do projeto no Sistema
1126 de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio) (Licença: 83139-1), Comissão de
1127 Ética na Utilização de Animais (CEUA) (n° 2133300522) e Sistema Nacional de Gestão do
1128 Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (Cadastro n° AB4BA71).



1129

1130 **Fig 1. Local do estudo e animais estudados.** A – Pontos de coleta das fêmeas encontradas
 1131 em um fragmento de Mata Atlântica no Clube Campestre Sete Casuarinas, bairro Aldeia dos
 1132 Camarás, município de Camaragibe (Pe – Brasil); B – Espécime fêmea de *Pristimantis*
 1133 *ramagii* (Foto por L. Santos); C – Distribuição de frequência do Comprimento Rostro Cloacal
 1134 (CRC) das fêmeas encontradas.

1135

1136 **Sujeitos**

1137

1138 Utilizamos apenas fêmeas sexualmente maduras e ovadas de *P. ramagii* individualmente
 1139 identificadas (n = 30; Fig 1C) cujo Comprimento Rostro Cloacal (CRC) variou de 25.7 a 32.1

1140 (Fig 1B). Para assegurar a identificação das fêmeas e impedir a reamostragem de uma mesma
1141 fêmea, primeiramente empregamos o método de Correspondência Assistida por Computador,
1142 via software Java Wild-ID (Versão 1.0) (BOLGER *et al.*, 2011; CAORSI *et al.*, 2012;
1143 BARDIER *et al.*, 2017). Este método compara e ranqueia imagens atribuindo score de match
1144 de similaridade que varia de 0 (menor similaridade) a 1 (maior similaridade) (BOLGER *et al.*,
1145 2011). A partir disso, complementamos a distinção com o método de Correspondência Visual,
1146 que é composto por uma comparação par a par e a olho nu de cada foto melhor ranqueada
1147 (CAORSI *et al.*, 2012). Para tanto se usou as manchas naturais dorsais para a identificação
1148 (Fig 1B) (LOAIZA-PIEDRAHÍTA *et al.*, 2016). Cada fêmea era posicionada centralmente em
1149 uma bandeja plástica de cor branca com o dorso completamente exposto sendo fotografada a
1150 uma distância de 10cm com câmera digital Fujifilm Finepix SL300 com flash embutido.
1151 Nenhuma das fêmeas foi recapturada (score máximo = 0.114) (Baseado em BARDIER *et al.*,
1152 2017). Da mesma forma, optamos por tirar fotos do abdômen das fêmeas para se ter o registro
1153 da presença de massa de ovos. Visando evitar a pseudoreplicação, utilizamos um raio de
1154 captura interindividual mínimo de 7m e, uma vez finalizado cada experimento, as fêmeas
1155 foram acondicionadas em um saco plástico individual com folhagem úmida (WOGEL *et al.*,
1156 2002). Ao término do dia de coleta, as fêmeas foram soltas novamente em seus locais de
1157 captura. Baseado em Chinchilla-Lemus *et al.* (2020), para a estimativa da idade, utilizamos o
1158 Comprimento Rostro-Cloacal (CRC) da fêmea (AUREO e BANDE, 2017). Tendo em vista
1159 que em anuros o tamanho da fêmea é um indicativo de idade (fêmeas com CRC maior são
1160 mais velhas, CHINCHILLA-LAMUS *et al.*, 2020), consideramos a fêmea com o menor CRC
1161 (25.68 mm) como sendo mais nova e, por sua vez, a fêmea com o maior CRC (32.05mm)
1162 como sendo mais velha (Fig 1C).

1163

1164 **Desenho experimental e coleta de dados**

1165

1166 **1. Preparação dos estímulos para o playback**

1167 Em um primeiro momento realizamos a preparação dos três estímulos de playback
1168 relacionados com (i) espécie nativa (*P. ramagii*), (ii) espécie exótica (*P. koehleri*) e (iii)
1169 controle (Trigonidiidae *sp.*). Antes de iniciarmos a coleta sistemática de dados realizamos
1170 observações preliminares através do método de *Ad libitum* (ALTMANN *et al.*, 1974) para a,
1171 então, elaboração do etograma.

1172 (i) **Playback da espécie nativa** – este estímulo foi montado através de gravações *in*
1173 *locu* de machos adultos. As gravações ocorreram entre 17:00h e 19:00h no mês de abril de

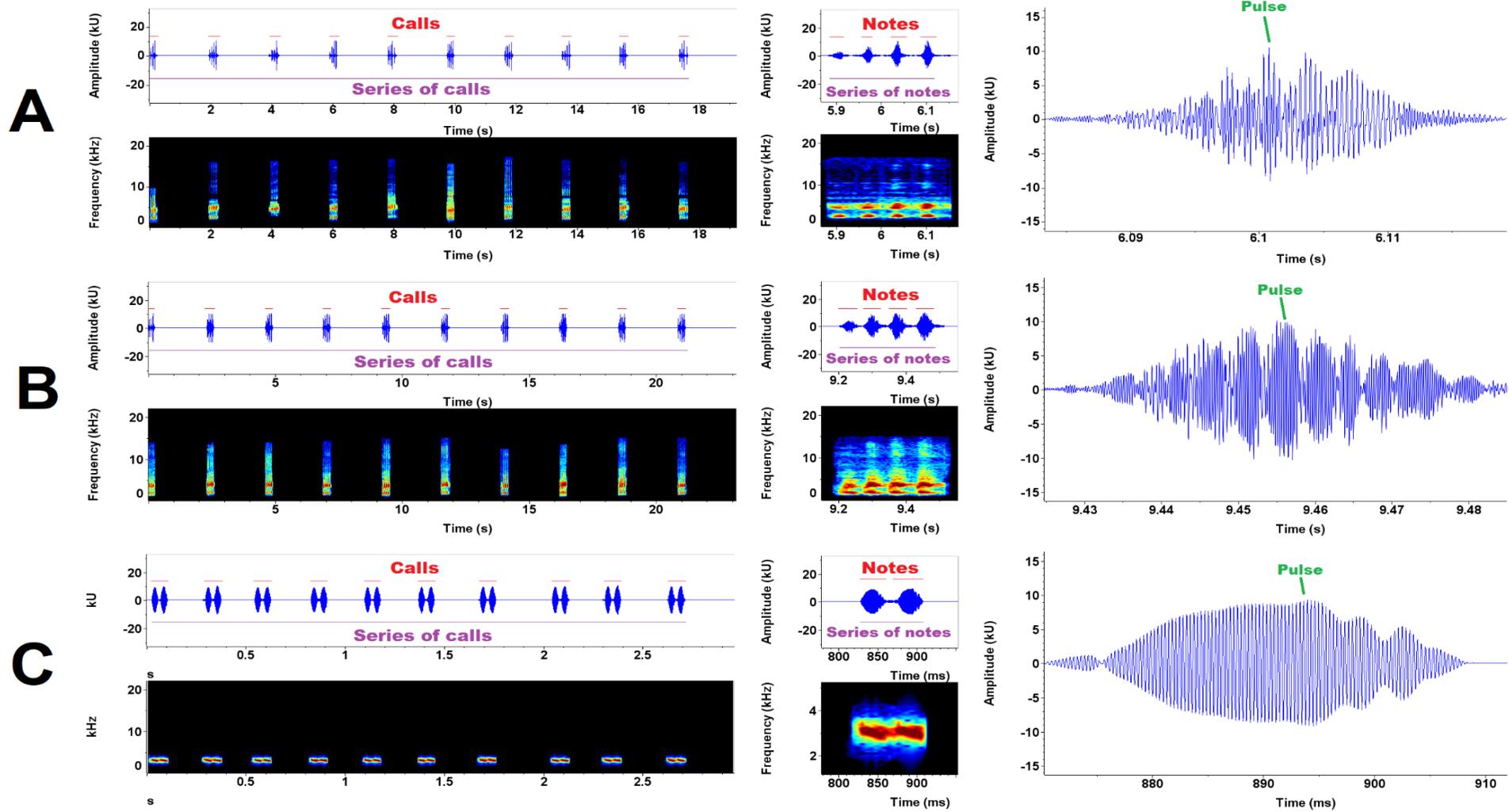
1174 2022. Os indivíduos alvo foram procurados através de busca ativa auditiva e visual com uso
1175 de luz branca (utilizando de lanternas de cabeça Rayovac SM-4) em arbustos, troncos e
1176 serrapilheira. Quando os espécimes eram encontrados, mantivemos uma distância de 1 m dos
1177 machos utilizando uma trena Irwin^{MT}. Em seguida as luzes foram apagadas e as gravações se
1178 iniciaram. Para as gravações do canto utilizamos um gravador portátil TascamTM Dr-05x
1179 (Tama-Shi, Tokyo, JP; formato WAV e SPL máximo: 125 dB) acoplado a um microfone
1180 Unidirecional CSRTM Shotgun HT-81 (faixa amostral: 100-16000 Hz). Os cantos foram
1181 monitorados com um decibelímetro RollsTM SLM305 para garantir que a distância
1182 estabelecida mantivesse a intensidade acústica padronizada (75 dB a 1 m de distância). A
1183 distância de gravação baseou-se em evitar possíveis sobreposições acústicas de outros
1184 indivíduos vocalizadores e também evitar possíveis atenuações e degradações acústicas
1185 causadas pela dispersão e reflexão do som em estruturas do ambiente (KOEHLER *et al.*,
1186 2017). Uma vez finalizada a gravação, o espécime era acondicionado em saco plástico com
1187 folhagem úmida para evitar gravação do mesmo indivíduo. Quando se encerravam as coletas
1188 no dia, os indivíduos eram soltos em seus respectivos sítio vocais. O ponto de coleta do dia
1189 anterior era evitado em um raio de 245 m. Ao todo utilizamos gravações de 10 indivíduos
1190 diferentes, de forma que foi sorteada 1 vocalização de cada um destes indivíduos para, então,
1191 serem unidas para a montagem de um *playback* em um *looping* de 10 minutos contínuos.

1192 (ii) **Playback da espécie exótica** – este playback foi feito a partir de gravações de
1193 cantos da espécie *P. koehleri* disponíveis na Fonoteca Zoológica Museu Nacional de Ciências
1194 Naturais de Madrid (Espanha) (https://www.fonozoo.com/index_eng.php). Assim como na
1195 montagem do *playback* da espécie nativa utilizamos gravações de 10 indivíduos diferentes,
1196 sendo sorteada uma vocalização de cada um dos indivíduos também sendo unidas para a
1197 montagem de um *playback* em um *looping* de 10 minutos contínuos.

1198 (iii) **Playback controle** – optou-se por utilizar um ruído controle hetero específico
1199 local (CASELLI *et al.*, 2018). Para isto utilizamos os sons feitos por um grilo de ocorrência
1200 comum na área (Trigonidiidae *sp.*). Se sabe que os anuros não possuem fonotaxia para sons de
1201 suas presas e o som destes invertebrados não possuem efeito ao comportamento das fêmeas
1202 sendo semelhante a ruídos brancos, comumente utilizados como tratamento controle em
1203 trabalhos de fonotaxia (HÖBEL *et al.*, 2014; MADDEN e JEHLE, 2017). A gravação ocorreu
1204 com o microfone posicionado a 1 m de distância de um grilo. Em razão a existência de
1205 estereotipia vocal nos grilos (baseado em Desutter-grandcolas e Robillard (2004) e
1206 observações de campo), o *playback* foi, então, montado em um *looping* de 10 minutos com
1207 10 cantos aleatórios de um indivíduo local.

1208 Visto que a letargia vocal pode ser um fator de desinteresse feminino em anuros
1209 (GERHARDT, 1991; FORSMAN e HAGMAN, 2006), priorizamos cantos em que os
1210 indivíduos aplicaram maior vigor ao vocalizarem, isto é, que apresentaram maiores números
1211 de pulsos (Baseado em MARSHALL *et al.*, 2006) e não possuíam longos períodos de silêncio
1212 (baseado em AMBROZIO-ASSIS *et al.*, 2008) (Ver gráficos de cantos isolados na Fig 2).
1213 Seguimos tal procedimento tanto na elaboração do *playback* da espécie nativa como da
1214 exótica. Para todos os *playbacks* foram feitas edições nas gravações para eliminar ruídos do
1215 ambiente que pudessem interferir nas respostas das fêmeas. As edições foram compostas pelas
1216 seguintes etapas: (i) Análise acústica: foi feita uma análise das características acústicas dos
1217 cantos presentes nas gravações (Raven Pro®, Versão 1.6.3); (ii) Edição automática:
1218 utilizamos o software Audacity (Versão 3.1) para a exclusão automática dos ruídos de fundo,
1219 de modo que foi utilizada a ferramenta “redução de ruído”, no qual foi feita uma obtenção do
1220 perfil do ruído (Redução de Ruído (dB) - 12; Sensibilidade - 6.00; Suavização da frequência
1221 (Bandas) - 3; Opção de ruído - redução em lacunas que concentrassem a maior diversidade de
1222 ruídos e que também apresentassem ausência total de cantos da espécie focal, em seguida foi
1223 feita a redução do ruído em toda extensão das gravações. Então, os cantos eram postos em
1224 ordem crescente de número de pulsos (baseado nas gravações originais) e “normalizados” (à -
1225 10 (dB)) para manterem a mesma intensidade acústica (baseado em ESTRELA *et al.*, 2019);
1226 (iii) Edição manual: os cantos passavam por um segundo tratamento de remoção de ruídos
1227 utilizando o software Raven Pro, no qual os resquícios de ruídos eram removidos
1228 manualmente utilizando as ferramentas de edição “Filtrar a Seleção Ativa” para remover
1229 ruídos observados no espectrograma (Tipo: Hann; Tamanho de janela: 512; Brilho: 50;
1230 contraste: 50; Filtro de largura de Banda: 124 Hz) e “Delete” para remover grandes extensões
1231 de ruídos, manter os intervalos de cantos padronizados em chamadas que não possuíam
1232 grandes silêncios (Fig 2) e remover pulsos finais de cantos longos (baseado em MARSHALL
1233 *et al.*, 2006). Para a criação dos três tipos de estímulos foram descartadas cantos com sinais
1234 claros de sobreposições acústica de indivíduos próximos. Todos os *playbacks* foram
1235 padronizados com o SPL 75 dB a 1 m de distância da fonte (formato WAV, taxa de
1236 amostragem de 16 bits / 44.1kHz).

1237



1238

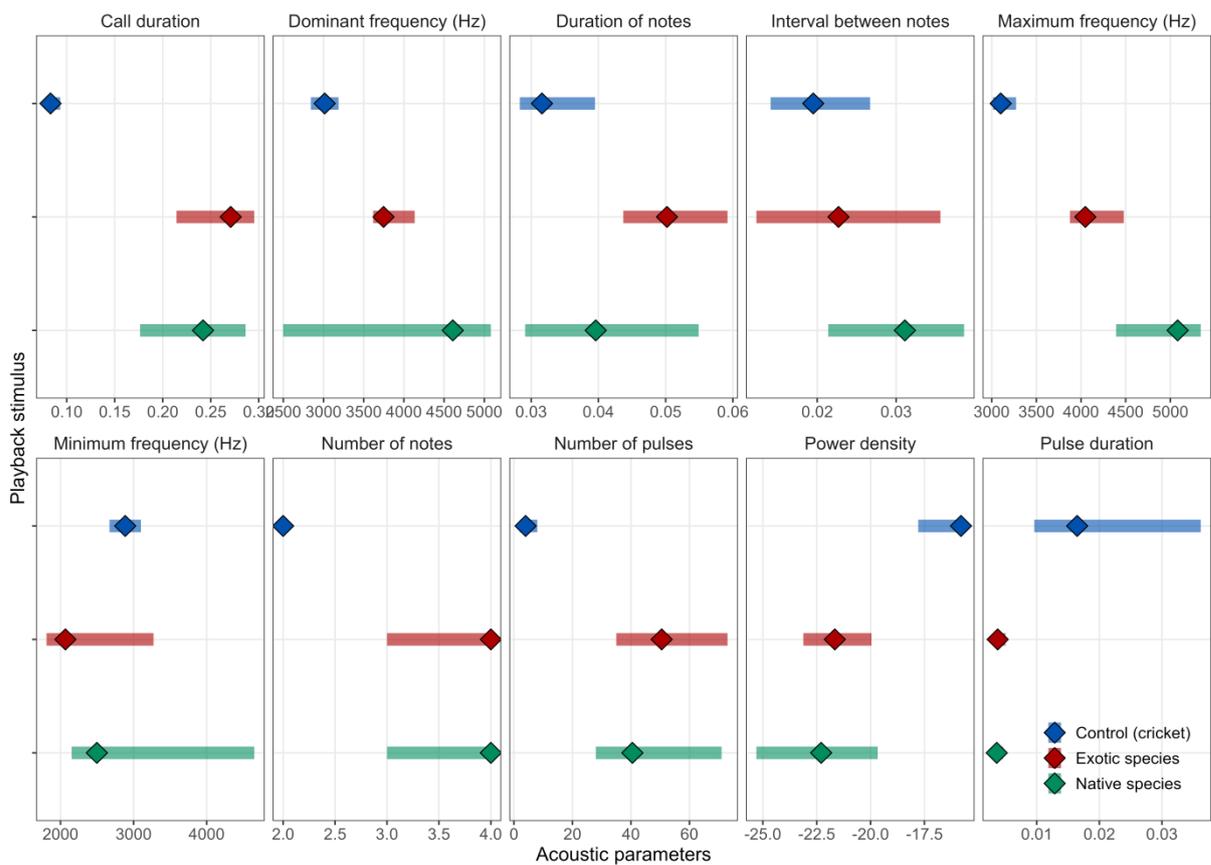
1239

1240

1241

Fig 2. Estímulos acústicos montados a partir das cantos da espécie nativa (A), exótica (B) e controle (C). Gráficos de estímulos completos (esquerda) e seus respectivos exemplos de notas isoladas (direita). Oscilogram (acima), espectrogramas (meio) e barras de coloração (abaixo) montados sob as seguintes configurações: Brilho: 50, Contraste: 50, Tamanho de janela espectral: 512, Tipo Hann, Largura de Banda: 124.

1242 Para a análise das características acústicas das cantos (Tabela 1), utilizadas para o
 1243 *playback*, analisamos as seguintes características físicas: duração do canto (s), número de
 1244 notas, duração de notas (s), intervalo entre notas (s), número de pulsos por canto, duração de
 1245 pulsos (s), frequência dominante (Hz), frequência 5% (Hz), frequência 95% (Hz), frequência
 1246 dominante (Hz) e densidade de potência de pico (dB FS/Hz). A análise de características
 1247 físicas dos cantos foi feita exclusivamente via software Raven Pro (Fig 3). Informações
 1248 detalhadas das características acústicas estão descritas no site oficial do software
 1249 (<https://ravensoundsoftware.com>) e em Köhler *et al.* (2017).
 1250



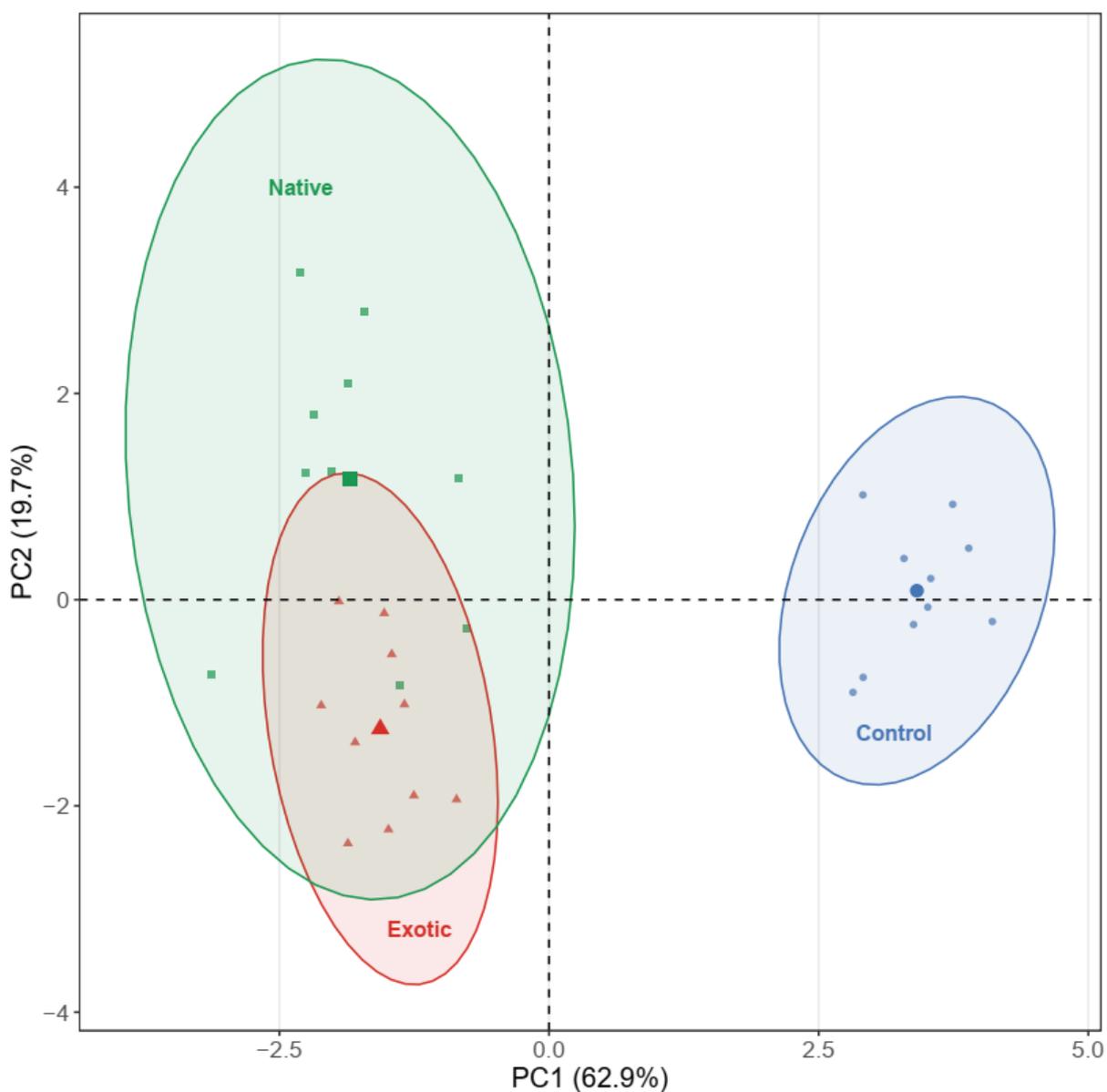
1251
 1252 **Fig 3.** Características acústicas dos estímulos apresentados às fêmeas. Dados expressos no
 1253 formato: Média \pm Desvio padrão (valor mínimo - valor máximo).
 1254

1255 Como teste premissa nos certificamos do potencial de sobreposição das características
 1256 acústicas do *playback* da espécie nativa, exótica e controle com uma Análise das Coordenadas
 1257 Principais (PC) (Fig 4). Esta análise permite comparar semelhanças e diferenças entre as
 1258 características acústicas dos *playbacks* e determinam as convergências e divergência entre os
 1259 cantos entre as espécies envolvidas. Nesta análise as variáveis foram padronizados como

1260 método *standardize* (função *decostand*, pacote *vegan*) para cálculo de matriz de distância com
1261 método *euclidian* (função *vegdist*, pacote *vegan*) e a PC foi feita com correção de *Cailliez*
1262 (pacote *ape*). Como resultado, foi observado que há divergência entre as características
1263 acústicas do canto controle em relação aos demais cantos, sendo a duração de pulsos (s) e
1264 densidade de potência de pico (dB FS/Hz) as principais variáveis atuantes nesta distinção. Por
1265 outro lado, os cantos dos anfíbios anuros (nativo e exótico), apesar de pouco significante, se
1266 mostraram convergentes entre si, de modo que a frequência 5% se mostrou a característica
1267 acústica atuante na distinção entre estes cantos (Fig 4).

1268

1269



1270

1271

1272 **Fig 4.** Análise das Coordenadas Principais (PC) das características acústicas entre os
1273 estímulos controle (azul), exótico (vermelho) e nativo (verde). Porcentagem de explicação de
1274 eixos: Eixo1 = 62.9% e Eixo 2 = 19.7%.

1275

1276

1277 **2. Observações *Ad libitum*** – para a elaboração do etograma (tabela de checagem dos
1278 comportamentos) fizemos observações preliminares com cinco fêmeas. Para tanto, realizamos
1279 um total de 12h de observações através do método de *Ad libitum* (ALTMANN *et al.*, 1974).
1280 As observações foram feitas em ambiente natural, quando as fêmeas eram expostas aos
1281 estímulos dos playbacks dos machos nativos e exóticos, de modo que as respostas
1282 comportamentais das fêmeas foram livremente registradas. Para evitar que a experiência
1283 prévia aos estímulos influenciasse as respostas das fêmeas, nenhuma das fêmeas utilizadas
1284 nesta etapa foi considerada para a coleta de dados sistemática ou análises dos dados. Os
1285 padrões comportamentais e suas definições se encontram na Tabela 3. Consideramos como
1286 positivo as reações direcionadas à caixa de som e, por sua vez, reações do tipo negativo
1287 aquelas em que o animal se movia na direção contrária à caixa de som. Para todos os
1288 comportamentos se verificou a *Latência de resposta à fonotaxia* (consistiu no intervalo de
1289 tempo a partir do início da reprodução do estímulo até a exibição da primeira resposta
1290 comportamental).

1291

1292 **Tabela 3.** Comportamentos exibidos pelas fêmeas, suas definição e o tipo de reação.

Comportamento	Descrição	Tipo de reação
Arquear cabeça	A fêmea movimentava a cabeça para cima.	Positivo
Baixar cabeça	A fêmea movimentava a cabeça para baixo.	Negativo
Orientar cabeça	<i>Orientar a cabeça positivo</i> - a fêmea direciona o rosto em direção a caixa acústica.	Positivo
	<i>Orientar a cabeça negativo</i> - a fêmea movimentava o rosto em sentido contrário a caixa acústica.	Negativo

Abrir a boca	A fêmea estende a cavidade bucal e expõe a região interna da boca.	Negativo
Deslocar	<i>Deslocar positivo</i> - a fêmea movimentase em direção à caixa acústica.	Positivo
	<i>Deslocar negativo</i> - a fêmea movimentase se distanciando da caixa acústica.	Negativo
Rotacionar corpo	<i>Rotacionar corpo positivo</i> - sem se deslocar a fêmea gira o corpo voltando o seu rosto à caixa acústica.	Positivo
	<i>Rotacionar corpo negativo</i> - sem se deslocar a fêmea gira o corpo voltando o seu rosto em sentido contrário a caixa acústica.	Negativo
Preparar salto	<i>Preparar salto positivo</i> - direcionada a caixa acústica, a fêmea impulsiona o corpo para frente, mas não se desloca para outro local.	Positivo
	<i>Preparar salto negativo</i> - em sentido contrário a caixa acústica, a fêmea impulsiona o corpo para frente, mas não se desloca para outro local.	Negativo
Imobilidade	<i>Imobilidade positiva</i> - a fêmea permanece sem se mexer por mais do que 30 segundos após ter exibido um comportamento positivo.	Positivo
	<i>Imobilidade negativa</i> - a fêmea permanece sem se mexer por mais do que 30 segundos após ter exibido um comportamento negativo.	Negativo

1294

1295 **3. Experimento de fonotaxia**

1296 A coleta de dados sistemática foi realizada por Flávio J. da Silva e uma auxiliar de campo
1297 (Lara V. M. C. Santos) de maio a junho de 2022. A etapa iniciava com buscas visuais pelas
1298 fêmeas na borda e interior da mata, sob arbustos e serrapilheiras. As fêmeas eram procuradas
1299 utilizando a opção de luz branca das lanternas de cabeça Rayovac SM-4. Uma vez
1300 encontradas, realizava-se a fotoidentificação e mensurações das mesmas (para mais detalhes
1301 veja no tópico ‘Sujeitos’). Em seguida, uma caixa acústica (Anchor, Carlsbad, California,
1302 U.S.A.; faixa de resposta de frequência 100-15.000 Hz, potência de saída: 30W e SPL
1303 máximo: 109 dB) era posicionada a 1m do animal conectada a um gravador portátil Tascam™
1304 Dr-05x (Tama-Shi, Tokyo, JP; formato WAV e SPL máximo: 125 dB). Visto que durante a
1305 primeira etapa, algumas fêmeas tendiam a exibir poucos comportamentos direcionados à
1306 caixa acústica, provavelmente por já estarem posicionadas de frente ao estímulo, nós
1307 padronizamos uma abordagem que consistia em posicionar o caixa acústica de forma diagonal
1308 ao rostro do animal visando obter um maior efeito na resposta comportamental da fêmea ao
1309 estímulo.

1310 Utilizávamos um decibelímetro (75 dB a 1 m de distância) para aferir o ruído do
1311 ambiente. Uma vez localizadas, iniciávamos o processo de aclimação das fêmeas que tinha
1312 duração de 10 minuto. e objetivou habituar o animal à presença dos pesquisadores e
1313 equipamentos próximos, bem como a luz vermelha que se mantinha ligada durante o
1314 experimento (Basedado em BOSCH *et al.*, 2003; FORTI *et al.*, 2017). Para tanto, alternava-se
1315 a luz entre a opção de luz branca para luz vermelha, e esta foi sempre posta acima do dorso
1316 dos animais de modo a padronizar a iluminação durante o experimento e evitar que a luz
1317 direta fosse um fator de inibição de comportamento (DYSON *et al.*, 1998; BOSCH *et al.*,
1318 2003; FORTI *et al.*, 2017). Caso a fêmea se deslocasse do ponto inicial de encontro, os
1319 pesquisadores (juntamente com os equipamentos) lentamente a seguiam e se posicionavam
1320 nos respectivos locais para a abordagem padrão. A seguir, o estímulo (*playback* da espécie
1321 nativa, exótica e controle) era exibido para a fêmea. Para evitar qualquer tendenciosidade à
1322 um determinado estímulo, sorteávamos a ordem dos *playbacks* a serem exibidos (CUI *et al.*,
1323 2011). Qualquer ruído que mascarasse o estímulo em reprodução e/ou que induzisse algum
1324 comportamento por parte da fêmea focal, resultava no encerramento imediato do teste e
1325 reacliamação da fêmea para uma nova tentativa. Ainda, a cada fim de *playback* foi feita uma
1326 reacliamação de 10 minutos para evitar a fadiga experimental da fêmea alvo (ZHU *et al.*,

1327 2017). Dessa forma, todo o experimento tinha uma duração total de aproximadamente 1h por
1328 fêmea. Todas as fêmeas foram expostas aos três estímulos de *playback*.

1329 Durante a exibição do *playback*, através do método de animal focal (ALTMANN *et*
1330 *al.*, 1974), registramos e quantificamos os comportamentos exibidos (ver Tabela 3
1331 supracitada) pela fêmea focal ao longo de 10 minutos contínuos. Além dos registros através
1332 da narração dos comportamentos visualizados (Samsung Galaxy J4; Aplicativo: Audio
1333 Recorder Versão 3.16), todos os padrões comportamentais da fêmea durante o *playback* foram
1334 gravados com o auxílio de uma câmera Fujifilm^{MT} Finepix SL300 posicionada a cerca de
1335 60cm da lateral do animal (distância máxima permitida pela câmera objetivando uma nítida
1336 imagem no ambiente escuro) com o auxílio de uma lanterna Rayovac SM-4. Ainda, a câmera
1337 se mantinha posicionada perpendicular ao eixo longitudinal da fêmea alvo ao lado da caixa
1338 acústica otimizando o registro da resposta comportamental. Além disso, cronometramos a
1339 latência de resposta à fonotaxia que consistia no tempo a partir do início do *playback* até a
1340 primeira resposta comportamental.

1341

1342 **Análise estatística**

1343

1344 Para darmos um valor do interesse feminino aos estímulos exibidos, criamos uma ‘métrica da
1345 atratividade’. Nesta métrica, para cada sessão de estímulos de cada fêmea, foi feita a soma das
1346 quantidades de respostas positivas e negativas (veja Tabela 3), respectivamente. Em seguida
1347 foi feita uma subtração das somas das respostas positivas pela respostas negativas, de modo
1348 que os resultados foram interpretados da seguinte forma: zero = indiferença feminina; maior
1349 número positivo = maior interesse feminino; maior número negativo = maior aversão
1350 feminina.

1351 Utilizamos modelos lineares mistos para testar nossas previsões com função lme do
1352 pacote do R nlme (PINHEIRO & BATES 2022). Para testar quais fatores afetaram a
1353 atratividade das fêmeas nos testes, consideramos tipo de estímulo e CRC como variáveis
1354 independentes, data e indivíduos (aninhado na data) como fatores aleatórios. Para investigar
1355 as variáveis que influenciaram a latência de resposta à fonotaxia das fêmeas, consideramos o
1356 estímulo e CRC também como variáveis independentes e data e indivíduo como fatores
1357 aleatórios. A escolha de aninhar indivíduos em cada data de coleta reduz potenciais vieses da
1358 não independência dos indivíduos coletados em um mesmo dia expostos sobre as mesmas
1359 condições não controladas pelo experimento. Modelos analisados com e sem outliers não
1360 indicaram diferenças de interpretação dos principais resultados e, por este motivo, optou-se

1361 por manter os modelos com outliers. Foram realizadas inspeção visual dos resíduos dos
1362 modelos para verificar a normalidade de resíduos e heretogeneidade de variância (ZUUR *et*
1363 *al.* 2010).

1364

1365

1366 **Resultados**

1367

1368 O tipo de estímulo afeta a atratividade das fêmeas testadas (Tabela 4), sendo o estímulo nativo
1369 aquele com atratividade significativamente maior (Tabela 4). A atratividade das fêmeas em
1370 relação aos estímulos não foi influenciada pela sua idade/experiência (>CRC) (Tabela 4), de
1371 modo que as fêmeas tenderam a responder ao estímulo nativo independentemente do seu
1372 tamanho (Tabela 4, Figura 4A).

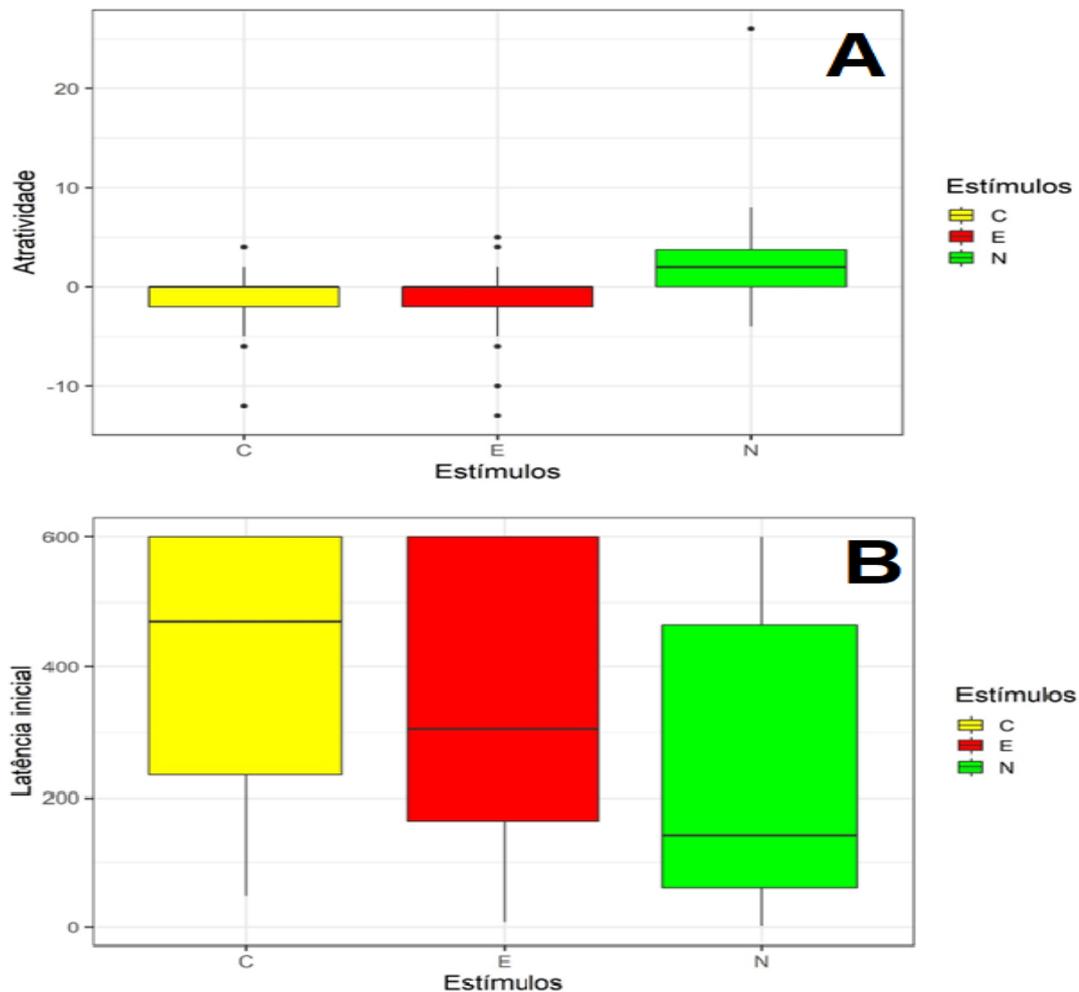
1373

1374 **Tabela 4.** Resultados do teste LMM com função ANOVA da atratividade diante da influência
1375 dos fatores: estímulo controle, estímulo exótico, estímulo nativo e comprimento rostro-cloacal
1376 (CRC). Fatores tidos como: DF (*Degrees of Freedom*) = graus de liberdade para o teste de
1377 razão de verossimilhança, numDF = numerador DF, denDF = denominador DF, f-value =
1378 significância estatística do teste usado, p-value = probabilidade de significância.

Fatores	numDF	denDF	f-value	p-value
Estímulo controle	1	58	0.001	0.981
Estímulo	2	58	6.089	0.004
CRC	1	7	0.750	0.415

Fatores	Value	Std. Error	DF	t-value	p-value
Estímulo controle	-7.762	7.5	58	-1.034	0.305
Estímulo exótico	0.433	1.093	58	0.396	0.693
Estímulo nativo	3.5	1.093	58	3.2	0.002
CRC	0.227	0.262	7	0.866	0.415

1379



1380

1381 **Figura 4.** Respostas das fêmeas mediante dos estímulos. **A** - Atratividade das fêmeas diante
 1382 dos três tipos de estímulos exibidos: C = controle (amarelo), E = exótico (vermelho) e N =
 1383 nativo (verde). **B** - Latência de resposta à fonotaxia (latência inicial) das fêmeas diante dos
 1384 três tipos de estímulos exibidos: C = controle (amarelo), E = Exótico (vermelho) e N = nativo
 1385 (verde).

1386

1387 Também foi observado que o tipo de estímulo teve maior influência sobre a latência de
 1388 resposta a fonotaxia (Tabela 5). As fêmeas tenderam a responder significativamente mais
 1389 rápido aos estímulos nativos (Tabela 5), exibindo menor latência de resposta a fonotaxia. A
 1390 idade/experiência das fêmeas (>CRC) não teve efeito sobre estes dados (Tabela 5, Figura 4B).

1391

1392

1393 **Tabela 5.** Resultados do teste LMM com função ANOVA da latência de resposta à fonotaxia
 1394 diante da influência dos fatores: estímulo controle, estímulo exótico, estímulo nativo e
 1395 comprimento rostro-cloacal (CRC). Fatores tidos como: DF (*Degrees of Freedom*) = graus de

1396 liberdade para o teste de razão de verossimilhança, numDF = numerador DF, denDF =
 1397 denominador DF, f-value = significância estatística do teste usado, p-value = probabilidade de
 1398 significância.

Fatores	numDF	denDF	f-value	p-value
Estímulo controle	1	58	112.139	<.0001
Estímulo	2	58	6.795	0.002
CRC	1	7	2.656	0.147

Fatores	Value	Std. Error	DF	t-value	p-value
Estímulo controle	-277.606	431.324	58	-0.644	0.522
Estímulo exótico	-87.667	47.887	58	-1.831	0.072
Estímulo nativo	-176.533	47.887	58	-3.684	0.0005
CRC	24.603	15.095	7	1.629	0.147

1399

1400

1401 **Discussão**

1402

1403 Neste estudo, realizamos um experimento de campo com o objetivo de avaliar se a
 1404 experiência de fêmeas anuros influencia em suas respostas à estímulos de cantos de machos
 1405 nativos e exóticos. Embora as fêmeas tenham respondido significativamente mais ao estímulo
 1406 com o canto de machos nativos, atração e latência de resposta independeram da sua
 1407 experiência. Respostas sobre o porquê de as fêmeas terem maior atratividade aos cantos
 1408 nativos, em detrimento dos cantos exóticos, podem ser encontradas numa observação da
 1409 influência das características acústicas dos cantos nativos. Sabe-se que a escolha feminina
 1410 durante a seleção sexual se dá, principalmente, pela acústica masculina, no qual elas são
 1411 capazes de perceberem a aptidão e coespecificidade dos machos cantores (WILEY, 2006).
 1412 Sendo assim, características acústicas dos cantos nativos podem ter influenciado na escolha
 1413 das fêmeas por estes cantos (WELLS, 2010; KOHLER *et al.*, 2017). Todavia, quando se
 1414 observa a literatura, os cantos exóticos também podem ter potencial em se mostrar atrativos
 1415 para fêmeas. Já foi demonstrado que espécimes de *P. koehleri* são maiores que *P. ramagii*
 1416 (PADIAL e DE LA RIVA, 2009; OITAVEN *et al.*, 2017) e isto é evidenciado em alguns
 1417 parâmetros, como é o caso da duração de canto que se mostrou maior em média e amplitude
 1418 para os cantos exóticos. É conhecido que machos cantores maiores possuem diretamente uma
 1419 musculatura pulmonar maior, permitindo assim que se tenha uma entrada maior de ar nos

1420 pulmões ao vocalizarem, o que induziria chamadas mais duradouras com entonação grave
1421 (CASTELLANO, 2002). É importante ressaltar que, embora o canto da espécie exótica era
1422 propositalmente parecido com o canto da espécie nativa, as fêmeas distinguiam aqueles
1423 parâmetros relevantes para elas reconhecendo os caso de *P. koeleri* como heteroespecífico.
1424 alguns parâmetros acústicos se distinguiam. Haja vista que o grupo dos anuros é ectotérmico e
1425 que emitir cantos gasta muita energia (cerca de oitos vezes mais do que quando em repouso
1426 [OPHIR *et al.*, 2010]), isto pode ser um fator essencial para a seleção sexual por indicar para
1427 fêmeas locais uma alta resistência do cantor (GERHARDT e HUBER 2002; HOPKINS *et al.*,
1428 2022) e por aumentar as chances de que pelo menos uma das notas cantadas seja reconhecida
1429 pelas fêmeas (SCHWARTZ e BEE, 2013). Associado a isso, uma característica acústica que
1430 poderia favorecer a escolha feminina pelo canto exótico nos testes de fonotaxia, teria sido a
1431 duração de pulsos dos machos nativos. Já foi provado que esta característica pode ser
1432 essencial durante a seleção sexual (GERHARDT, 1991), pois segundo Gerhardt e Huber
1433 (2003) um número maior de pulsos também pode indicar maior resistência e também maior
1434 qualidade dos cantores.

1435 Todavia, em nosso estudo, as vocalizações nativas se destacaram e demonstraram
1436 maior potencial de atratividade quando observamos outras características acústicas. Dos
1437 parâmetros temporais, é possível observar que estes cantos exibiram menor duração de nota,
1438 que seria uma característica importante durante a seleção sexual (GUIMARÃES e BASTOS,
1439 2003). Isto se dá pelo fato, de já se saber que notas curtas potencialmente indicam um estado
1440 de maior de excitação nos machos (BANG *et al.*, 2022), de modo que algumas espécies
1441 podem inclusive direcionar notas curtas para fêmeas (função reprodutiva) e chamadas com
1442 notas longas para rivais (função territorial) (e.g. NALI *et al.*, 2014; 2015). Outra característica
1443 acústica que também pode ter favorecido nos cantos nativos é o número de pulsos (Tabela 1),
1444 esta, semelhante a duração de notas, também pode indicar excitação masculina
1445 (BORNSCHEIN *et al.*, 2019). Características acústicas espectrais também se mostraram
1446 favoráveis aos cantos nativos, isto é observado na frequência 5% (Hz) e frequência 95% (Hz),
1447 pois foi observado que estas vocalizações exibiram uma maior faixa de frequência (Tabela 1).
1448 Tal característica pode ser favorável durante a seleção sexual por já ser comprovado que uma
1449 amplitude maior de frequência pode ser melhor assimilado pelas fêmeas (KLUMP e
1450 GERHARDT, 1992).

1451 Também observamos que fêmeas nativas exibiram menor latência de resposta aos
1452 estímulos nativos quando comparado com os demais. Além da adaptação neuromorfológica,
1453 que com sua contribuição no reconhecimento inato, provavelmente permitiu uma rápida

1454 captação (JAMES *et al.*, 2022) e assimilação do som ouvido (KELLEY, 2022), outros fatores
1455 da história de vida deste grupo também podem ter contribuído para isto. Já é conhecido que
1456 são as fêmeas que se deslocam até o sítio reprodutivo dos machos e que isto as deixam
1457 exposta para predadores (WELLS, 2010) de modo tal que alguns espécimes desenvolveram o
1458 hábito de habitarem regiões mais escuras que os machos para se manterem seguras
1459 (UNDERHILL e HÖBEL, 2017). Sendo assim, com a curta distância entre a caixa de som e
1460 as fêmeas testadas neste estudo, e sabendo que a aproximação de machos para com as fêmeas
1461 tende a contribuir para oviposição (RYAN e GUERRA; 2014; CHENG *et al.*, 2022), convém
1462 concordarmos com uma já estabelecida suposição de que o reconhecimento de um macho
1463 coespecífico induz o estado de urgência nas fêmeas (BASTIEN *et al.*, 2018). Além do mais,
1464 esta latência de resposta inicial pode ser um indicativo das preferências femininas em relação
1465 ao parceiro em potencial (BAUGH e RYAN, 2009), que para este estudo são as características
1466 acústicas dos machos nativos.

1467 Contudo, embora as fêmeas tenham demonstrado uma maior preferência pelo canto
1468 dos machos nativos, a idade/experiência das fêmeas, como esperado, não influenciou a
1469 atratividade e latência de suas respostas. Para isto estabelecemos uma hipótese que se baseia
1470 no curto período de vida dos espécimes deste grupo pode ter influenciado estes dados. Isto se
1471 dá porque grupos com vidas curtas tendem a ser mais simplórios quanto ao aprendizado social
1472 (WHITEN, 2017). Em decorrência deste reduzido período de vida, depender de fatores que
1473 levam ao aprendizado social seria custoso para as fêmeas. Neste trabalho, isto ganha suporte
1474 porque a ordem anura possui baixa expectativa de vida máxima, no qual uma pequena parcela
1475 de seus espécimes sobrevive até se tornarem adultos, sendo isto mais acentuado em espécies
1476 de pequeno porte (WELLS, 2010). Associado a isso, especificamente em se tratando da
1477 espécie nativa alvo do nosso trabalho (*P. ramagii*), estes pequenos sapos possuem período
1478 reprodutivo sazonal e já foi demonstrado que seus espécimes são encontrados essencialmente
1479 em períodos chuvosos do ano (PEREIRA *et al.*, 2017; OITAVEN *et al.*, 2017). Por ser uma
1480 espécie com desenvolvimento direto, *P. ramagii* necessita de dias de chuva para ter um local
1481 ideal para oviposição, pois deposita seus ovos em folhíço úmido, o que impede de se
1482 ressecarem durante o desenvolvimento (JUNCÁ, 2006; HEDGES *et al.*, 2008). Ampliando
1483 para a classe *Amphibia*, isto é, o único grupo tetrápode anamniota existente, este táxon se
1484 mostra altamente dependente de ambientes aquáticos (MORENO e GONZÁLEZ, 2007;
1485 WELLS, 2010). Isto é evidenciado no uso de corpos aquáticos para atividades reprodutivas,
1486 como em ambientes de lagos, poças efêmeras e folhíço úmido (HEDGES *et al.*, 2008). Tal
1487 condição influencia em sua história de vida, de modo que seu ciclo de vida é modulado a

1488 partir de estações com maior índice pluviométrico (WELLS, 2010). Isto estabelece no grupo
1489 muitas estratégias que visam estabelecer uma urgência durante o período reprodutivo de seus
1490 espécimes, de modo que este ciclo pode ser acelerado diante de uma possível seca. Isto é
1491 expresso em exemplos como o amplexo enganoso entre machos diante do frenesi do curto
1492 período reprodutivo (YU e LU, 2010), bem como também as fêmeas terem como critério
1493 escolher o macho vocalizador mais próximo para aproveitarem a temporada reprodutiva
1494 (FORATTO, 2017).

1495 Esta efemeridade de vida e sazonalidade reprodutiva, possivelmente reflete na acústica
1496 do grupo, pois suas espécies possuem estratégias de reconhecimento acústico que mitigam
1497 qualquer empecilho de encontro intergênero durante o curto período reprodutivo; é o caso da
1498 presença da audição apurada para sons coespecíficos em ambientes com ruído de canto de
1499 espécies simpátricas nativas (MARSHALL *et al.*, 2006) e canto de espécies invasoras
1500 (BLEACH *et al.*, 2015). Uma possível contribuição a isto é saber que com a chegada da
1501 maturação sexual, estes animais sofrem mudanças alométricas, que desenvolvem seu sistema
1502 auditivo a características acústicas codificadas geneticamente (WHITEN, 2017; JAMES *et al.*,
1503 2022). Deste modo, a resposta para nossos resultados, pode estar na presença de uma audição
1504 inata configurada para sons coespecíficos, que comprovadamente podem ser repassadas via
1505 herança evolutiva (WHITEN, 2017).

1506 Com isso concluímos que as fêmeas de *P. ramagii* apresentam limitações de
1507 aprendizado durante a ontogenia comportamental do reconhecimento acústico, de modo que
1508 possuem uma tendência ao reconhecimento inato em razão da influência do curto período de
1509 vida do grupo. Porém, ainda se faz necessário estudos futuros que abordem respostas que vão
1510 além do display comportamental feminino exibido nos experimentos fonotáticos. De modo
1511 que a literatura ainda carece de pesquisas que integrem outras ferramentas interdisciplinares
1512 que, sob condições naturais e controladas, evidenciem qualquer possível similaridade das
1513 respostas femininas para cantos acusticamente convergentes. Duas principais linhas
1514 científicas possuem potencial para tal: a neuroetologia e endocrinologia. A primeira nos
1515 últimos anos estabeleceu um conhecimento significativo dos anuros na compreensão da
1516 sintonia da audição a sons coespecíficos e respostas do sistema nervoso central durante o
1517 reconhecimento acústico (e.g. KELLEY *et al.*, 2017; WHITEN, 2017; TAYLOR *et al.*, 2019).
1518 A segunda seria de grande contribuição por permitir a elaboração de um mapeamento
1519 endócrino que demonstre se há alterações fisiológicas femininas, diante dos cantos
1520 masculinos, haja vista que a atividade hormonal se mostra atuante na percepção acústica
1521 feminina (MOORE *et al.*, 2005; LYNCH e WILCZYNSKI, 2008). Todas estas informações,

1522 embasadas no comportamento geral e histórico de vida do grupo, abordando a grande
1523 diversidade taxonômica que esse táxon possui, poderiam impedir interpretações equívocas e
1524 firmariam padrões etológicos femininos durante a seleção sexual.

1525

1526

1527 **Agradecimentos**

1528

1529 Agradecemos à Msc. Lara Valesca Mendonça da Costa Santos pelo suporte dado durante a
1530 execução das atividades de campo. Agradecemos ao Condomínio Sete Casuarianas, pela
1531 disponibilização do local de estudo, bem como, também a cortesia de seus moradores e
1532 funcionários. Nossa gratidão também às instituições de fomento que possibilitaram a
1533 execução e escrita deste trabalho, isto é, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento
1534 Científico e Tecnológico por uma bolsa de estudo cedida à Flávio José da Silva e à
1535 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio
1536 PROAP.

1537

1538 **Contribuição dos autores**

1539

1540 *Criou e elaborou o design do trabalho:* Flávio José da Silva, Nicola Schiel e Antônio Souto

1541 *Executou o experimento:* Flávio José da Silva

1542 *Analisou os dados:* Thiago Gonçalves Souza, Flávio José da Silva, Nicola Schiel, Antonio
1543 Souto

1544 *Escreveu o artigo:* Flávio José da Silva, Nicola Schiel, Thiago Gonçalves e Antonio Souto.

1545

1546

1547 **Bibliografia**

1548

1549 APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Governo de Pernambuco. 2023 jun 2
1550 [cited 2 junho 2023]. In: Site Oficial Governo de Pernambuco [Internet]. Recife: 2023. [about
1551 1 screen]. Available from: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/estacoes-do-ano.php?estacao=verao#:~:text=Genericamente%2C%20na%20tradi%C3%A7%C3%A3o%20do%20povo,meteorol%C3%B3gicas%20ao%20longo%20do%20ano.>

1554

1555 Agência Estadual de Meio Ambiente (PE), CPRH: Unidade de conservação. APA Aldeia-

1556 Beberibe: Governo do Estado de Pernambuco. 2022 Ago 17 [cited 27 jan 2023]. In CPRH
1557 web site. Recife: CPRH 2022 [about 2 screens]. Available from:
1558 <http://www2.cprh.pe.gov.br/uc/apa-aldeia-beberibe>.
1559

1560 Alcock, J. Comportamento animal: uma abordagem evolutiva. 1st ed. Artmed editora, 2016.
1561

1562 Aureo WA, Bande M. Anurans species diversity and composition along the successional
1563 gradient of the evergreen rainforest in Silago, Southern Leyte, Philippines. International
1564 Journal of Scientific Reserch in Environmental Science. 2017; 5: 82-90.
1565

1566 Bardier CIS, Pereira G, Elgue E, Maneyro R, Toledo LF. Quantitative determination of the
1567 minimum body size for photo-identification of *Melanophryniscus montevidensis*
1568 (Bufonidae). Herpetological Conservation and Biology. 2017; 12: 119-126.
1569

1570 Bee MA, Kozich CE, Blackwell KJ, Gerhardt HC. Individual variation in advertisement calls
1571 of territorial male green frogs, *Rana clamitans*: implications for individual
1572 discrimination. Ethology. 2001; 107: 65-84.
1573

1574 Bee MA. Selective phonotaxis by male wood frogs (*Rana sylvatica*) to the sound of a
1575 chorus. Behavioral Ecology and Sociobiology. 2007; 61: 955-966.
1576

1577 Bee MA, Cook JM, Love EK, O'Bryan LR, Pettitt BA, Schrode K, Velez A. Assessing
1578 acoustic signal variability and the potential for sexual selection and social recognition in
1579 boreal chorus frogs (*Pseudacris maculata*). Ethology. 2010; 116: 564-576.
1580

1581 Benedict L. Occurrence and life history correlates of vocal duetting in North American
1582 passerines. Journal of Avian Biology. 2008; 39: 57-65.
1583

1584 Bionda, CL et al. Reproductive ecology of the common South American toad *Rhinella*
1585 *arenarum* (Anura: Bufonidae): reproductive effort, clutch size, fecundity, and mate selection.
1586 Journal of Herpetology. 2011; 45 (2): 261-264.
1587

1588 Bleach IT, Beckmann C, Both C, Brown GP, Shine R. Noisy neighbours at the frog pond:
1589 effects of invasive cane toads on the calling behaviour of native Australian frogs. Behavioral
1590 Ecology and Sociobiology. 2015; 69: 675-683.

1591

1592 Bolger DT, Vance B, Morrison TA, Farid H. Wild-ID user guide: pattern extraction and
1593 matching software for computer-assisted photographic mark recapture analysis. Dartmouth
1594 College, Hanover, NH. 2011; 1: 1-12.

1595

1596 Bornschein MR, Rollo JMM., Pie MR, Confetti AE, Ribeiro LF. Redescription of the
1597 advertisement call of *Brachycephalus tridactylus* (Anura: Brachycephalidae). Phyllomedusa:
1598 Journal of Herpetology. 2019; 18: 3-12.

1599

1600 Boyd SK, Gordon NM. Auditory and distance cues interact to modulate female gray treefrog
1601 preferences for male advertisement calls. Behavioral Ecology and Sociobiology. 2021; 75: 1-
1602 17.

1603

1604 Cajade R, Marangoni F, Gangenova E. Age, body size and growth pattern of *Argenteohyla*
1605 *siemersi pedersenii* (Anura: Hylidae) in northeastern Argentina. Journal of Natural History.
1606 2013; 47: 237-251.

1607

1608 Caorsi VZ, Santos RR, Grant T. Clip or snap? An evaluation of toe-clipping and photo-
1609 identification methods for identifying individual Southern Red-Bellied Toads,
1610 *Melanophryniscus cambaraensis*. South American Journal of Herpetology. 2012; 7: 79-84.

1611

1612 Carlson NV, Kelly EM, Couzin I. Individual vocal recognition across taxa: a review of the
1613 literature and a look into the future. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2020;
1614 375: 20190479.

1615

1616 Caselli CB, Ayres PH, Castro SC, Souto A, Schiel N, Miller, CT. The role of extragroup
1617 encounters in a Neotropical, cooperative breeding primate, the common marmoset: a field
1618 playback experiment. Animal Behaviour. 2018; 136: 137-146.

1619

1620 Castellano S, Cuatto B, Rinella R, Rosso A, Giacomina C. The advertisement call of the
1621 European treefrogs (*Hyla arborea*): a multilevel study of variation. *Ethology*. 2002; 108: 75-
1622 89.

1623

1624 Cheng YC, Chen YH, Chang C, Chuang MF, Hsu Y. Endurance rivalry and female choice
1625 jointly influence male mating success in the emerald treefrog (*Zhangixalus prasinatus*), a lek-
1626 chorusing anuran. *BMC Zoology*. 2022; 7: 1-15.

1627

1628 Chinchilla-Lemus W, Serrano-Cardozo VH, Ramírez-Pinilla MP. Reproductive activity,
1629 microhabitat use, and calling sites of *Pristimantis bacchus* (Anura:
1630 Craugastoridae). *Amphibia-Reptilia*. 2020; 41: 1-11.

1631

1632 Christie K, Schul J, Feng AS. Phonotaxis to male's calls embedded within a chorus by female
1633 gray treefrogs, *Hyla versicolor*. *Journal of Comparative Physiology A*. 2010; 196: 569-579.

1634

1635 Christie KW, Schul J, Feng AS. Differential effects of sound level and temporal structure of
1636 calls on phonotaxis by female gray treefrogs, *Hyla versicolor*. *Journal of Comparative*
1637 *Physiology A*. 2019; 205: 223-238.

1638

1639 Cui J, Tang Y, Narins PM. Real estate ads in Emei music frog vocalizations: female
1640 preference for calls emanating from burrows. *Biology Letters*. 2011; 8: 337-340.

1641

1642 Davies NB, Madden JR, Butchart SHM. Learning fine-tunes a specific response of nestlings
1643 to the parental alarm calls of their own species. *Proceedings of the Royal Society of London.*
1644 *Series B: Biological Sciences*. 2004; 271: 2297-2304.

1645

1646 Desutter-Grandcolas L, Robillard T. Acoustic evolution in crickets: need for phylogenetic
1647 study and a reappraisal of signal effectiveness. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*.
1648 2004; 76: 301-315.

1649

1650 Domínguez SLDC, González CAM, Fernández EB, Pelea LP, Cézilly F, Bosch RA.
1651 Predicting the invasion of the acoustic niche: Potential distribution and call transmission
1652 efficiency of a newly introduced frog in Cuba. *Perspectives in Ecology and Conservation*.
1653 2021; 19: 90-97.

1654

1655 Dyson M, Halliday T, Bush S. Phonotaxis by female Majorcan midwife toads, *Alytes*
1656 *muletensis*. *Behaviour*, Leiden. 1998; 135: 213-230.

1657

1658 Emmrich, M *et al.* A guild classification system proposed for anuran advertisement
1659 calls. *Zoosystematics and Evolution*. 2020;96: 515.

1660

1661 Forti LR, Mott T, Struessmann C. Breeding biology of *Ameerega braccata* (Steindachner,
1662 1864) (Anura: Dendrobatidae) in the Cerrado of Brazil. *Journal of Natural history*. 2013; 47:
1663 2363-2371.

1664

1665 Forti LR, Forti ABBS, Márquez R, Toledo LF. Behavioural response evoked by conspecific
1666 distress calls in two neotropical treefrogs. *Ethology*. 2017; 123(12): 942-948.

1667

1668 Furtado R. Behavioural responses of *Hypsiboas lundii* (Anura: Hylidae) to visual and acoustic
1669 aggressive stimuli. *Herpetology Notes*. 2017; 10: 659-664.

1670

1671 Garey MV, Provete DB, Gonçalves-Souza T, Ouchi-Melo LS, Haddad CF, Rossa-Feres DC.
1672 Phylogenetic and adaptive components of the anuran advertisement call correlate with
1673 temporal species co-occurrence. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2018; 125(2):
1674 292-301.

1675

1676 Gerhardt HC. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. *Animal*
1677 *Behaviour*. 1991; 42: 615-635.

1678

1679 Gerhardt HC, Schwartz JJ. Auditory tuning and frequency preferences in anurans. In ‘Anuran
1680 Communication’. Ed. MJ Ryan. 2001; 1: 73–85.
1681

1682 Gerhardt HC, Huber F. Acoustic communication in insects and anurans: common problems
1683 and diverse solutions. 2003; 114: 559-559.
1684

1685 Gerhardt HC, Bee MA, Christensen-Dalsgaard J. Neuroethology of sound localization in
1686 anurans. *Journal of Comparative Physiology*. 2022; 209: 1-15.
1687

1688 Gupta S, Alluri RK, Rose GJ, Bee MA. Neural basis of acoustic species recognition in a
1689 cryptic species complex. *Journal of Experimental Biology*. 2021; 224: 1-11.
1690

1691 Gutiérrez-Cárdenas PDA, Castillo K, Martínez D, Rocha CFD, Rojas-Rivera MA. Trophic
1692 ecology of *Pristimantis labiosus* (Anura: Craugastoridae) from South-Western Colombia.
1693 North-Western Journal of Zoology. 2016; 12: 102-109.
1694

1695 Hanson MT, Richard GC. Age differences in the response of California ground squirrels
1696 (*Spermophilus beecheyi*) to conspecific alarm calls. *Ethology*. 2001; 107: 259-275.
1697

1698 Hartmann MT, Hartmann PA, Haddad CFB. Modos reprodutivos e fecundidade de anfíbios
1699 anuros em uma taxocenose na Mata Atlântica, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*. 2010; 100:
1700 207-215.
1701

1702 Hedges SB, Duellman WE, Heinicke MP. New World direct-developing frogs (Anura:
1703 Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa*.
1704 2008; 1737: 1–182.
1705

1706 Hetherington, TE. The effects of body size on functional properties of middle ear systems of
1707 anuran amphibians. *Brain, Behavior and Evolution*. 1992; 39: 133-142.
1708

1709 Höbel G, Kim DS, Neelon D. Do Green Treefrogs (*Hyla cinerea*) Eavesdrop on Prey Calls?.
1710 *Journal of Herpetology*. 2014; 48(3): 389-393.
1711

1712 Hopkins JM., Edwards W, Schwarzkopf, L. Invading the soundscape: exploring the effects of
1713 invasive species' calls on acoustic signals of native wildlife. *Biological Invasions*. 2022; 24:
1714 3381-3393.
1715

1716 James LS, Taylor RC, Hunter KL, Ryan MJ. Evolutionary and allometric insights into anuran
1717 auditory sensitivity and morphology. *Brain, Behavior and Evolution*. 2022; 97: 140-150.
1718

1719 Juncá FA. Diversidade e uso de hábitat por anfíbios anuros em duas localidades de Mata
1720 Atlântica, no norte do estado da Bahia. *Biota Neotropica*. 2006; 6: 1-17.
1721

1722 Kelleher SR, Silla AJ, Byrne PG. Animal personality and behavioral syndromes in
1723 amphibians: a review of the evidence, experimental approaches, and implications for
1724 conservation. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2018; 72: 1-26.
1725

1726 Kelley DB. Convergent and divergent neural circuit architectures that support acoustic
1727 communication. *Frontiers in Neural Circuits*. 2022; 16: 1-112.
1728

1729 Köhler J, Jansen M, Rodriguez A, Kok PJ, Toledo LF, et al. The use of bioacoustics in anuran
1730 taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*.
1731 2017; 4251: 1–124.

1732

1733 Klug, Hope et al. The mismeasurement of sexual selection. *Journal of evolutionary biology*.
1734 2010; 23 (3): 447-462.

1735

1736 Klump GM, Gerhardt HC. Mechanisms and function of call-timing in male-male interactions
1737 in frogs. In: Peter KM. *Playback and studies of animal communication*; 1992. pp. 153-174.

1738

1739 Leary CJ, Crocker-Buta S, Holloway A, Kennedy JG. Glucocorticoid-mediated changes in
1740 male green treefrog vocalizations alter attractiveness to females. *Integrative and Comparative*
1741 *Biology*. 2021; 61: 283-291.

1742

1743 Lee BD, VI, Marinho P, Giaretta AA. Extended vocal repertoire of the bromeligenous
1744 treefrog *Scinax belloni* (Anura: Hylidae). *Neotropical Biodiversity*. 2022; 8: 68-72.

1745

1746 Li X, Ishimoto H, Kamikouchi A. Auditory experience controls the maturation of song
1747 discrimination and sexual response in *Drosophila*. *eLife*. 2018; 7: 1-19.

1748

1749 Loaiza-Piedrahíta JD, Bock BC, Páez VP. Demography of the Andean Dart Frog
1750 (*Andinobates opisthomelas*, Dendrobatidae) in Eastern Antioquia, Colombia. *South American*
1751 *Journal of Herpetology*. 2016; 11: 81-88.

1752

1753 Lorena DG, Rogério PB. Vocalizações e interações acústicas em *Hyla raniceps* (Anura,
1754 Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Iheringia. Série Zoologia*. 2003; 93: 149-158.

1755

1756 Lee N, Vélez A, Bee M. Behind the mask (ing): how frogs cope with noise. *Journal of*
1757 *Comparative Physiology A*. 2022; 209: 47-66.

1758

1759 Lu F, Tang Y, Chen Q. Perception and Recognition of Vocalization in Anuran Mate

1760 Choice. Asian Herpetological Research. 2020; 11: 394-400.
1761
1762 Lynch KS, Wilczynski, W. Reproductive hormones modify reception of species-typical
1763 communication signals in a female anuran. Brain, Behavior and Evolution. 2008; 71: 143-
1764 150.
1765
1766 Madden N, Jehle R. Acoustic orientation in the great crested newt (*Triturus*
1767 *cristatus*). Amphibia-Reptilia. 2017; 38: 57-65.
1768
1769 Marshall VT, Schwartz JJ, Gerhardt HC. Effects of heterospecific call overlap on the
1770 phonotactic behaviour of grey treefrogs. Animal Behaviour. 2006; 72: 449-459.
1771
1772 Mateo JM. The development of alarm-call response behaviour in free-living juvenile
1773 Belding's ground squirrels. Animal Behaviour. 1996; 52: 489-505.
1774
1775 Medeiros CI, Both C, Grant T, Hartz SM. et al. Invasion of the acoustic niche: variable
1776 responses by native species to invasive American bullfrog calls. Biological Invasions. 2017;
1777 19: 675-690.
1778
1779 Moreno N, González A. Evolution of the amygdaloid complex in vertebrates, with special
1780 reference to the anamnio-amniotic transition. Journal of anatomy. 2007; 211: 151-163.
1781
1782 Moore FL, Boyd SK, Kelley DB. Historical perspective: hormonal regulation of behaviors in
1783 amphibians. Hormones and Behavior. 2005; 48: 373-383.
1784
1785 Nali RC, Prado CP. Complex call with different messages in *Bokermannohyla ibitiguara*

1786 (Anura, Hylidae), a gladiator frog of the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*. 2014; 48:
1787 407-414.
1788
1789 Nali RC, Borges MM, Prado C. Advertisement and release calls of *Phyllomedusa ayeaye*
1790 (Anura: Hylidae) with comments on the social context of emission. *Zoologia (Curitiba)*. 2015;
1791 32: 263-269.
1792
1793 Narins PM, Feng AS. Hearing and sound communication in amphibians: Prologue and
1794 prognostication. In: Narins PM, Feng AS, Fay RR, Popper AN. *Hearing and sound*
1795 *communication in amphibians*. New York: Springer; 2007. pp. 1-11.
1796
1797 Neelon DP, Höbel G. Staying ahead of the game—plasticity in chorusing behavior allows
1798 males to remain attractive in different social environments. *Behavioral Ecology and*
1799 *Sociobiology*. 2019; 73: 1-11.
1800
1801 Oliva MV, Kaiser K, Robertson JM, Gray DA. Call recognition and female choice in a
1802 treefrog with a multicomponent call. *Ethology*. 2018; 124: 331-337.
1803
1804 Oitaven LPC, Santos JRO, Silva AO, Gamballe PG, Moura GJB. Description of vocalizations
1805 and Analysis of variation intra and inter-individual of *Pristimantis ramagii* (Boulenger, 1888)
1806 in an upland swamp, Northeast Brazil. *Herpetology notes*. 2017; 10: 197-203.
1807
1808 Padial JM, De La Riva I. Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of
1809 *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2009; 155:
1810 97-122.
1811
1812 Penna M, Solís R, Moreno-Gómez FN. Diverse patterns of responsiveness to fine temporal

1813 features of acoustic signals in a temperate austral forest frog, *Batrachyla leptopus*
1814 (Batrachylidae). *Bioacoustics*. 2022; 31(2): 219-239.

1815

1816 Pereira G, Maneyro. Size-fecundity relationships and reproductive investment in females of
1817 *Physalaemus riograndensis* Milstead, 1960 (Anura, Leiuperidae) in Uruguay. *The*
1818 *Herpetological Journal*. 2012; 22 (3): 145-150.

1819

1820 Pereira EN, Lira CS, Santos EM. Ocupação, distribuição espacial e sazonal dos anfíbios
1821 anuros, em fragmento de mata atlântica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*.
1822 2017; 7: 70-83.

1823

1824 Platzen D, Magrath RD. Adaptive differences in response to two types of parental alarm call
1825 in altricial nestlings. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2005; 272:
1826 1101-1106.

1827

1828 Ponnath A, Ryan MJ, Fang Z, Farris HE. Tuned in to communication sounds: Neuronal
1829 sensitivity in the túngara frog midbrain to frequency modulated signals. ***Plos one***. 2022; 17:
1830 1-27.

1831

1832 Prasad VK, Chuang M, Das A, Ramesh K, Yi Y, Dinesh KP, Borzée A. Coexisting good
1833 neighbours: acoustic and calling microhabitat niche partitioning in two elusive syntopic
1834 species of balloon frogs, *Uperodon systoma* and *U. globulosus* (Anura: Microhylidae) and
1835 potential of individual vocal signatures. *BMC Zoology*. 2022; 7: 1-12.

1836

1837 Ramakrishnan, U.; G. Coss, R. Age differences in the responses to adult and juvenile alarm
1838 calls by bonnet macaques (*Macaca radiata*). *Ethology*. 2000; 106: 131-144.

1839

1840 Ryan MJ. Sexual selection, sensory systems and sensory exploitation. *Oxford surveys in*
1841 *evolutionary biology*. 1990; 7: 157-195.

1842

1843 Ryan MJ, Guerra MA. The mechanism of sound production in túngara frogs and its role in
1844 sexual selection and speciation. *Current opinion in neurobiology*. 2014; 28: 54-59.

1845

1846 Schwartz JJ, Bee MA. Anuran acoustic signal production in noisy environments. In: Vincent
1847 MJ, Peter M. *Animal communication and noise*; 2013. pp. 91-132.

1848

1849 Senzaki M, Kadoya T, Francis CD, Ishiyama N, Nakamura F. Suffering in receivers: negative
1850 effects of noise persist regardless of experience in female anurans. *Functional Ecology*. 2018;
1851 32: 2054-2064.

1852

1853 Snowdon CT. Vocal communication in family-living and pair-bonded primates. *Primate*
1854 *hearing and communication*. 2017; 63: 141-174.

1855

1856 Schiel N, Huber L. Social influences on the development of foraging behavior in free-living
1857 common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology: Official Journal*
1858 *of the American Society of Primatologists*. 2006; 68: 1150-1160.

1859

1860 Schrode KM, Ward JL, Vélez A, Bee MA. Female preferences for spectral call properties in
1861 the western genetic lineage of Cope's gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). *Behavioral ecology*
1862 *and sociobiology*. 2012; 66: 1595-1606.

1863

1864 Sloan JL, Hare JF. The more the scarier: adult Richardson's ground squirrels (*Spermophilus*
1865 *richardsonii*) assess response urgency via the number of alarm signallers. *Ethology*. 2008;
1866 114: 436-443.

1867

1868 Song J, Sun R, Fang K, Zhang B, Tang Y, Fang G. Flexibility as a strategy for avoiding call
1869 overlap in male Anhui Treefrogs. *Asian Herpetological Research*. 2020; 11: 230-240.

1870

1871 Sun X, Zhao L, Chen Q, Wang J, Cui J. Auditory sensitivity changes with diurnal temperature
1872 variation in little torrent frogs (*Amolops torrentis*). *Bioacoustics*. 2020; 29: 684-696.
1873

1874 Tennessen, JB, Parks SE, Tennessen TP, Langkilde T. Raising a racket: invasive species
1875 compete acoustically with native treefrogs. *Animal Behaviour*. 2016; 114: 53-61.
1876

1877 Toledo LF, Martins IA, Bruschi DP, Passos MA, Alexandre C, Haddad CF. The anuran
1878 calling repertoire in the light of social context. *Acta ethologica*. 2015; 18: 87-99.
1879

1880 Trevisan CC, Batalha-Filho H, Garda AA, Menezes L, Dias IR, Solé M, et al. Cryptic
1881 diversity and ancient diversification in the northern Atlantic Forest *Pristimantis* (Amphibia,
1882 Anura, Craugastoridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2020; 148: 1-35.
1883

1884 Underhill VA, Höbel G. Variation in nocturnal light levels does not alter mate choice
1885 behavior in female eastern gray treefrogs (*Hyla versicolor*). *Behavioral Ecology and*
1886 *Sociobiology*. 2017; 71: 1-12.
1887

1888 Urszán TJ, Garamszegi LZ, Nagy G, Hettyey A, Török J, Herczeg G. No personality without
1889 experience? A test on *Rana dalmatina* tadpoles. *Ecology and Evolution*. 2015; 5: 5847-5856.
1890

1891 Ward JL, Love EK, Vélez A, Buerkle NP, O'Bryan LR, Bee MA. Multitasking males and
1892 multiplicative females: dynamic signalling and receiver preferences in Cope's grey
1893 treefrog. *Animal Behaviour*. 2013; 86: 231-243.
1894

1895 Wells KD. *The ecology and behavior of amphibians*. 1^a ed. Chicago: University of Chicago
1896 press; 2010.
1897

1898 Whiten A. A second inheritance system: the extension of biology through culture. *Interface*
1899 *Focus*. 2017; 7: 1-16.

1900

1901 Wiley RH. Signal detection and animal communication. *Advances in the Study of Behavior*.
1902 2006; 36: 217-247.

1903

1904 Wilson ADM, Krause J. Personality and metamorphosis: is behavioral variation consistent
1905 across ontogenetic niche shifts?. *Behavioral Ecology*. 2012; 23: 1316-1323.

1906

1907 Wogel H, Abrunhosa PA, Pombal JJP. Atividade reprodutiva de *Physalaemus signifer*
1908 (Anura, Leptodactylidae) em ambiente temporário. *Iheringia. Série Zoologia*. 2002; 92: 57-70.

1909

1910 Wollerman L, Wiley RH. Background noise from a natural chorus alters female
1911 discrimination of male calls in a Neotropical frog. *Animal Behaviour*. 2002; 63: 15-22.

1912

1913 Yu TL, Lu X. Sex recognition and mate choice lacking in male Asiatic toads (*Bufo*
1914 *gargarizans*). *Italian Journal of Zoology*. 2010; 77: 476-480.

1915

1916 Yu Y, Hu Y, Zhang Q, Zheng R, Shen B, Kong S, Li K. Female Preferences for Call
1917 Properties of Giant Spiny Frog (*Quasipaa spinosa*). *Pak. J. Zool.* 2020; 52: 825-1224.

1918

1919 Zanette LY, White AF, Allen MC, Clinchy M. Perceived predation risk reduces the number of
1920 offspring songbirds produce per year. *Science*. 2011; 334: 1398-1401.

1921

1922 Zhang H, Zhu B, Zhou Y, He Q, Sun X, Wang J, Cui J. Females and males respond
1923 differently to calls impaired by noise in a tree frog. *Ecology and Evolution*. 2021; 11: 9159-
1924 9167.

1925

1926 Zhu B, Wang J, Zhao L, Chen Q, Sun Z, Yang Y, et al. Male-male competition and female
1927 choice are differentially affected by male call acoustics in the serrate-legged small treefrog,
1928 *Kurixalus odontotarsus*.