

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

HENRIQUE SILVA CARDOSO FURTADO

**A TEMPERATURA CORPORAL INFLUENCIA NO CANTO DE
ANFÍBIOS SOB COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA?**

ALFENAS/MG

2025

HENRIQUE SILVA CARDOSO FURTADO

**A TEMPERATURA CORPORAL INFLUENCIA NO CANTO DE ANFÍBIOS SOB
COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA?**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Rogério Grassetto Teixeira da Cunha
Coorientador: Vinícius Xavier da Silva

ALFENAS/MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Furtado, Henrique Silva Cardoso.

A temperatura corporal influencia no canto de anfíbios sob competição intraespecífica? / Henrique Silva Cardoso Furtado. - Alfenas, MG, 2025.
51 f. : il. -

Orientador(a): Rogério Grassetto Teixeira da Cunha .

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Bioacústica. 2. Seleção sexual. 3. Preferência de fêmeas. 4. Trade-off. 5. *Boana albopunctata*. I. Cunha , Rogério Grassetto Teixeira da, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

HENRIQUE SILVA CARDOSO FURTADO

"A temperatura corporal influencia o canto de anfíbios sob competição intraespecífica? "

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Gestão e manejo de recursos naturais e biodiversidade.

Aprovada em: 30 de julho de 2025.

Prof. Dr. Rogério Grassetto Teixeira da Cunha

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Rogério Pereira Bastos

Instituição: Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Fábio Hepp Silva Fernandes dos Santos

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Grassetto Teixeira da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 30/07/2025, às 15:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1572230** e o código CRC **BDB5AAF5**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus e ao universo e suas leis que com suas forças coordenam essa imensidão de partículas. Em seguida à minha mãe Maria Eudes da Silva, meu pai Orlando Vicente Cardoso Furtado, por todo amor, carinho, apoio, dedicação e ensinamentos que me moldaram para ser quem sou e por todas as oportunidades oferecidas durante essa trajetória. Amo vocês!

Ao meu irmão Felipe Silva Cardoso Furtado e minha cunhada Maria Laura Monteiro, que mesmo distantes me apoiaram, incentivaram para a realização deste sonho e me deram a oportunidade de conhecer o amor de dois sobrinhos lindos e adoráveis, Bento e Maria.

A minha esposa Raíne Piva Amaral que esteve ao meu lado me apoiando durante todos os momentos desta trajetória com seu jeito carinhoso e amoroso. Te amo!

As minhas amigas Daniela Cristina de Oliveira Mariano, Maria Fernanda de Oliveira Mariano e Maria Eduarda de Oliveira Mariano por fazerem parte de toda minha trajetória.

Ao meu orientador Rogério Grassetto Teixeira da Cunha e ao coorientador Vinícius Xavier da Silva que ao longo dos anos me ensinaram muito sobre os animais, seus comportamentos e suas relações na natureza. Por toda dedicação, paciência e amizade durante todo o período de elaboração deste trabalho. Nunca me esquecerei de vocês.

À professora Érica Hasui que me ensinou muito sobre a ecologia de paisagem durante sua disciplina e o estágio docente, assim na parte estatística deste estudo. Ao professor Flávio Nunes Ramos com seus *insights*, sugestões e brincadeiras ensina e diverte a todos.

À todos os membros do Laboratório de Ecologia de Fragmentos Florestais (ECOFRAG) e da coleção Herpetológica Alfred Russel Wallace. Em especial aqueles que me auxiliaram durante as saídas de campo e coletas de dados, sem o apoio de vocês seria muito difícil desenvolver esse trabalho.

À todos os membros do Herpeto Capixaba e do Instituto Últimos Refúgios que ao longo dos anos me acolheram, ensinaram e proporcionaram oportunidades incríveis para o desenvolvimento. Em especial ao Thiago Silva-Soares que desde 2019 foi sempre muito solícito e se tornou um grande amigo.

A todos aqueles que, embora não tenham sido mencionados, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e às demais agências de fomento pelo auxílio financeiro.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“Uma coisa é certa: onde quer que haja biofonias e geofonias não atingidas pelo ruído humano, encontramos fontes de vitalidade e inspiração impressionantes.” (Krause, 2013, p.209).

RESUMO

Nos anuros, muitos comportamentos sociais e reprodutivos são mediados pela comunicação sonora que é influenciada por fatores exógenos e endógenos. A temperatura e a precipitação são os fatores ambientais com maior influência sobre o ciclo de vida dos anuros e a sua atividade vocal. As características dos sinais variam entre espécies e indivíduos, possivelmente ligadas às preferências das fêmeas. Muitos estudos investigaram a associação entre a temperatura ambiente e as características das vocalizações, mas poucos investigaram a temperatura corporal, que até então exigia métodos invasivos. Hoje, é possível mensurar a temperatura corporal de forma não invasiva, com câmeras termográficas. Investigamos a correlação entre a temperatura do ar e corporal de anuros e seus efeitos sobre comportamento vocal e o contexto social. Hipotetizamos que quanto maior a temperatura corporal dos machos de *Boana albopunctata*, maior taxa de pulsos e taxa total de notas emitidas por minuto e a diminuição da duração. Hipotetizamos também que a temperatura corporal está correlacionada com a temperatura do ar e que elas possuem efeito positivo com a densidade de indivíduos e com a distância entre os vizinhos mais próximos. As coletas ocorreram em 14 sítios reprodutivos no sul de Minas Gerais, Brasil, entre fevereiro e abril de 2024 e entre outubro de 2024 e março de 2025. Obtivemos gravações de 1486 notas de 89 indivíduos e analisamos os dados com Modelos Lineares Mistos. A temperatura do ar e a temperatura corporal apresentaram correlação positiva ($p < 0,001$), e a primeira influenciou positivamente a distância entre indivíduos ($p = 0,01$), refletindo possíveis efeitos sobre as estratégias reprodutivas e a formação de coros nos anuros, já que condições climáticas favoráveis estimulam a vocalização e a agregação de machos. O modelo rejeitou a temperatura corporal como variável de influência direta sobre os parâmetros acústicos, mas confirmou que a taxa de pulsos das notas T aumenta com a temperatura do ar ($p = 0,01$) e que a umidade exerce efeito negativo sobre a taxa de pulsos das notas A ($p = 0,0328$). Além disso, foram observados efeitos negativos da taxa de pulsos sobre a duração das notas B ($p = 0,0357$) e da taxa de chamado sobre a taxa de pulsos das notas T ($p = 0,0015$), bem como um efeito positivo da taxa de chamado na duração das notas T ($p = 0,0084$). As correlações significativas entre parâmetros acústicos indicam a existência de compensações entre esforço e desempenho vocal, sugerindo limites fisiológicos e comportamentais que modulam a comunicação acústica. É possível que a pequena variação térmica corporal e as diferenças sociais e ambientais entre populações tenham atenuado alguns efeitos, mas os resultados apontam potenciais caminhos para estudos futuros sobre o papel integrado da temperatura e do contexto social na comunicação dos anuros.

Palavras-chave: bioacústica; seleção sexual; preferência de fêmeas; trade-off; *Boana albopunctata*

ABSTRACT

In anurans, many social and reproductive behaviors are mediated by acoustic communication, which is influenced by both exogenous and endogenous factors. Temperature and precipitation are among the main environmental variables affecting anuran life cycles and vocal activity. Signal characteristics vary among species and individuals, possibly linked to female preferences. While numerous studies have examined the relationship between ambient temperature and call characteristics, few have focused on body temperature, which until recently required invasive methods. Currently, body temperature can be measured non-invasively using thermographic cameras. We investigated the correlation between air and body temperatures in anurans and their effects on vocal behavior and social context. We hypothesized that higher body temperatures in males of *Boana albopunctata* would result in increased pulse rate and note emission rate per minute, accompanied by shorter call duration. We also hypothesized that body and air temperatures are positively correlated and that both variables positively influence male density and the distance between nearest neighbors. Fieldwork was conducted at 14 reproductive sites in southern Minas Gerais, Brazil, between February and April 2024 and between October 2024 and March 2025. We obtained recordings of 1,486 notes from 89 individuals and analyzed the data using Linear Mixed Models. Air and body temperatures showed a positive correlation ($p < 0.001$), and air temperature positively influenced the distance between individuals ($p = 0.01$), reflecting possible effects on reproductive strategies and chorus formation, as favorable climatic conditions tend to stimulate male calling and aggregation. The model rejected body temperature as a direct predictor of acoustic parameters but confirmed that the pulse rate of T notes increased with air temperature ($p = 0.01$), while humidity negatively affected the pulse rate of A notes ($p = 0.0328$). Additionally, we found negative effects of pulse rate on B note duration ($p = 0.0357$) and of call rate on the pulse rate of T notes ($p = 0.0015$), as well as a positive effect of call rate on the duration of T notes ($p = 0.0084$). Significant correlations among acoustic parameters indicate the existence of trade-offs between effort and vocal performance, suggesting physiological and behavioral constraints shaping acoustic communication. Although limited variation in body temperature and social or environmental differences among populations may have masked some effects, our findings highlight potential avenues for future research on the integrated roles of temperature and social context in anuran communication.

Keywords: bioacoustics; sexual selection; female preference; trade-off; *Boana albopunctata*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Comportamento vocal em anuros.....	12
2.2	Seleção Sexual e competição intraespecífica.....	16
2.3	Influência da temperatura no comportamento vocal de anuros	18
2.4	ARTIGO 1: A temperatura corporal influencia no canto de anfíbios sob competição intraespecífica?	20
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os anfíbios são um enorme e diverso grupo de animais vertebrados, totalizando mais de 8400 espécies no mundo, sendo o Brasil o país com maior diversidade do grupo, com 1188 espécies, das quais 1144 são de anuros (rãs, sapos e pererecas), seguidos de 39 espécies de Gymnophiona (cecílias) e 5 de Caudata (salamandras) (SEGALLA *et al.*, 2021).

Dentro dos anfíbios anuros, podemos observar uma variedade de comportamentos sociais e reprodutivos, em muitos casos mediados pela comunicação sonora (Duellman; Trueb, 1994). A ecologia reprodutiva dos anuros geralmente enquadra-se em um *continuum* entre reprodutores explosivos (“*explosive breeders*”) e reprodutores prolongados (“*prolonged breeders*”) (Duellman; Trueb, 1994; Wells, 2007).

Os reprodutores explosivos possuem temporadas reprodutivas muito curtas, podendo durar apenas um dia para algumas espécies (Wells, 2007). Nesta estratégia, os machos frequentemente envolvem-se em competições intensas, tentando agarrar e reproduzir-se com qualquer fêmea não pareada que possam encontrar e agarrar (Bee; Reichert; Tumulty, 2016).

Já nos reprodutores prolongados, as épocas de reprodução duram semanas ou meses. Comumente podemos observar dois sistemas de acasalamento dentro desse grupo: (1) “reprodutores de lek” e reprodutores territoriais. Entre os “reprodutores de lek”, os machos reúnem-se em agregados e disputam com outros machos por pequenas áreas que são utilizadas como arena de exibição; mesmo que estes mini-territórios não contenham alimentos, sítios de nidificação ou qualquer outra utilidade prática, as fêmeas movimentam-se pela arena na busca por parceiros reprodutivos (Wells, 1977). Para Bee *et al.* (2016), a rotatividade na seleção e utilização de locais de chamada específicos é muitas vezes elevada e as competições surgem quando os machos tentam impedir uns aos outros de cantar muito próximos, possivelmente para minimizar o risco de interferência acústica. Os machos, geralmente os menores, podem ainda adotar a estratégia de satélite, quando aproximam-se furtivamente de outros machos que estão cantando com o intuito de interceptar qualquer fêmea que se aproximar (Emlen, 1976; Wells, 2007). (2) Já nos reprodutores territoriais, os machos ocupam territórios de longo prazo, normalmente relacionados a recursos essenciais para o sucesso reprodutivo, como locais de oviposição ou de criação de girinos (Bee; Reichert; Tumulty, 2016). Nesta categoria há defesa territorial dos recursos, e, para isso, as

estratégias são variadas e as vocalizações territoriais mediam as interações entre os indivíduos antes de escalarem para combate físico (Wells, 1977).

Entretanto, assim como entre as modalidades explosiva e prolongada, os reprodutores lek e territoriais são pontos extremos de um *continuum*, e entre eles há uma variedade de comportamentos reprodutivos, e, em muitos casos, há algum tipo de territorialidade envolvida, uma vez que os anuros apresentam uma alta diversidade de espécies (Segalla *et al.*, 2021) e de modos reprodutivos (Nunes-de-Almeida; Haddad; Toledo, 2021).

Apesar de grande parte destes comportamentos serem mediados pela comunicação acústica, também podem-se observar sinais multimodais envolvendo outros sentidos, como o visual, físico e químico (Starnberger; Preininger; Hödl, 2014; Koehler *et al.*, 2017). A emissão de sinais acústicos é utilizada principalmente para a reprodução, situação em que os machos emitem o canto de anúncio para atrair fêmeas reprodutivas até o sítio de reprodução, que geralmente são ambientes associados à água, como lagoas, riachos florestais, áreas alagadas temporárias ou permanentes (Wells, 2007). Porém, há também sinais acústicos com funções territoriais ou defensivas (Toledo *et al.*, 2015).

De acordo com Toledo *et al.* (2015), durante a estação chuvosa nos trópicos é comum a formação de agregados reprodutivos comunitários. Entretanto, a proximidade entre os indivíduos eleva os níveis de competição pelos recursos presentes no ambiente e no espaço acústico, demonstrando a necessidade de mecanismos que favoreçam o reconhecimento de coespecíficos (Gerhardt; Huber, 2002), a manutenção do território (Hödl; Amézquita; Narins, 2004) e ausência da sobreposição de sinais (Hödl, 1977).

Por serem animais ectotérmicos a temperatura tem um papel crucial na regulação fisiológica e comportamental dos anuros, sobretudo sobre os sinais acústicos (Wells, 2007). Os efeitos da temperatura são mais evidentes nas características temporais do que nas espectrais (Koehler *et al.*, 2017). Geralmente temperaturas mais altas levam a duração de chamados mais curtos, aumentam a taxas de chamados e de pulsos, diminuem a duração e o intervalo entre pulsos (Valetti; Salas; Martino, 2013; Moser *et al.*, 2022; De Souza *et al.*, 2023; Pekny; Todd; Post, 2024).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Comportamento vocal em anuros

Grande parte das interações entre os anuros é mediada pelo uso de sinais acústicos. (Duellman; Trueb, 1994). Esses sinais podem ser influenciados por fatores endógenos (Moore; Lofts, 1964), sendo fortemente reguladas por hormônios (Arch; Narins, 2009) e exógenos, como variações ambientais, sociais e temporais (Oseen; Wassersug, 2002; Saenz *et al.*, 2006; Wells, 2007; Both *et al.*, 2008), os quais influenciam na detecção do sinal acústico e o número de notas emitidas (Navas, 1996).

A temperatura e a precipitação são os fatores ambientais com maior influência sobre o ciclo de vida dos anuros e a sua atividade vocal (Navas, 1996; Van Sluys *et al.*, 2012), devido a ectotermia e sua pele altamente permeável (Duellman; Trueb, 1994; Wells, 2007). Entretanto, há outros fatores ambientais que podem intensificar a atividade vocal, como a umidade (Almeida-Gomes; Van Sluys; Duarte Rocha, 2007), diminuí-la, como o vento ou luminosidade intensa causada por luzes artificiais (Kobisk; Kwiatkowski, 2023) ou modificá-la, como o ciclo lunar, embora ainda não haja consenso na literatura sobre seu efeito (Grant; Halliday; Chadwick, 2013; Lima *et al.*, 2021).

Contudo, nem todas as espécies respondem igualmente às variáveis ambientais, ainda que simpátricas ou congêneres (Oseen; Wassersug, 2002; Van Sluys *et al.*, 2012), que apresentem a mesma estratégia reprodutiva (Plenderleith *et al.*, 2018), similaridade de sítio de vocalização (Gottsberger; Gruber, 2004) ou tamanho corporal parecido (Van Sluys *et al.*, 2012). Além das diferenças entre espécies, elas também podem ser observadas dentro e entre indivíduos de uma mesma espécie em resposta às variáveis ambientais. Essas diferenças intraespecíficas ocorrem em diferentes populações devido a variações na microescala das condições físicas e/ou diferenças na densidade dos anuros (Brooke; Alford; Schwarzkopf, 2000). É esperado que essas variações sejam menores entre as vocalizações de um mesmo indivíduo, um pouco maiores entre machos de uma mesma população e bem maiores entre machos de populações diferentes (Narins; Smith, 1986; Bionda; Salas; Di Tada, 2006; Baraquet *et al.*, 2015).

A emissão de vocalizações é uma atividade de alto custo energético e alguns machos podem até apresentar redução na massa corpórea durante o período reprodutivo (Robertson,

1982; Arak, 1983; Grafe; Schmuck; Linsenmair, 1992; Pough *et al.*, 1992; Grafe; Thein, 2001). Em regiões tropicais, assembleias de anuros agregam-se em sítios reprodutivos e formam coros, emitindo simultaneamente o sinal sexual para atrair parceiras (Toledo *et al.*, 2015). Durante o coro, os indivíduos transmitem e recebem informações alternadamente (Burt; Vehrencamp, 2005). Com isso, foram selecionadas estratégias para superar as adversidades de vizinhos próximos ou altos níveis de ruídos no ambiente, como alterações nas propriedades das vocalizações, como a taxa de repetição, duração do canto, frequência dominante, ou mudanças nos tipos, quantidade e ordens das notas emitidas (Martins; Haddad, 1988; Sá, 2010; Bee; Schwartz, 2013; Bee; Reichert; Tumulty, 2016; Koehler *et al.*, 2017). Entretanto, esses agregados intensificam a disputa por territórios e também podem atrair predadores auditivos (Wells, 2007). Por outro lado, a alta taxa de emissão de sinais acústicos pode confundir os predadores e a maior quantidade de indivíduos pode diluir a chance do indivíduo ser capturado, conferindo maior segurança ao indivíduo durante o coro, além de maior chance de atrair fêmeas para a arena devido à alta taxa de emissão de cantos de anúncio (Farina; Ceraulo, 2017).

Um outro custo relacionado às vocalizações dos anuros é que permanecer emitindo uma grande quantidade de chamados durante a noite ou ao longo da estação reprodutiva exige manter altas taxas metabólicas, as quais dependem de um estado fisiológico saudável, reservas energéticas, e temperatura corporal e ambiental adequadas, características essas que são identificadas como principais determinantes para a produção sonora no grupo (Prestwich, 1994; McLister, 2001; Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016).

De acordo com o modelo proposto por Gillooly & Ophir (2010), a massa corporal e a temperatura, por meio de seus efeitos no metabolismo individual, são responsáveis por uma heterogeneidade considerável nas características básicas dos sinais acústicos animais entre espécies e ambientes. Isso porque as taxas de disparo de neurônios e a contração muscular são diretamente dependentes da taxa metabólica específica da massa (Prestwich 1994; Bennet-Clark e Daws 1999; Hempleman *et al.* 2005). Por fim, a frequência do som é aproximadamente à frequência de vibração das estruturas que produzem o som (Martin, 1971, 1972), e se a taxa de chamada for governada pelas taxas de contração muscular, uma conexão direta pode ser traçada entre temperatura, massa e estrutura da chamada mediada por mudanças no metabolismo (Gillooly; Ophir, 2010).

É sugerido que as variações nas características da vocalização dos anuros estão relacionadas com as preferências das fêmeas, e que diferentes características codificam diferentes tipos de informações (Gerhardt, 1991). As fêmeas tendem a preferir machos que investem alto esforço em seus cantos de anúncio (Koehler *et al.*, 2017). Buscando diferenciar-se dentro do coro e aumentar a atratividade, alguns anuros machos: aumentam a taxa de repetição (diminuindo a duração do canto), duração do canto (diminuindo a repetição), ou a complexidade do canto (adicionando ou modificando o número ou posição relativa de diferentes notas na composição do canto) em coros ou na presença de um competidor (Wells; Schwartz, 1984; Schwartz, 1986; Wells; Taigen, 1986; Haddad; Cardoso, 1992; Schwartz; Ressel; Bevier, 1995; Schwartz; Buchanan; Gerhardt, 2002; Morais *et al.*, 2012; Toledo *et al.*, 2015; Koehler *et al.*, 2017). Por outro lado, algumas espécies que geralmente emitem cantos de notas únicas podem adicionar notas em situações de coro (Bee; Perrill, 1996), aumentar a taxa de emissão de cantos agressivos (Wagner, 1989), ou emitir cantos de diferentes estruturas ou complexidade (Bevier *et al.*, 2004; Dyson; Reichert; Halliday, 2013; Wells, 2007).

Outros estudos indicam que alguns anuros variam a frequência do canto para evitar sobreposição com componentes espectrais do canto de vizinhos coespecíficos ou heteroespecíficos, ou com o ruído de fundo (Lopez *et al.*, 1988; Parris; Velik-Lord; North, 2009; Schwartz; Bee, 2013; Jansen *et al.*, 2016). Também há influência do ambiente e do microhabitat nos parâmetros da vocalização, como evidenciado em *Metaphrynella sundana* que vocaliza em buracos e faz ajustes na frequência dominante de acordo com as características de cada sítio de vocalização (Lardner; Bin Lakim, 2002). Outro exemplo são machos de *Boana prasina* que, ao invés de vocalizar nas bordas da lagoa, vocalizam imersos na água em noites mais frias e, nesta segunda condição, diminuem a frequência dominante e aumentam a duração do canto e intervalo entre notas comparados à primeira (Delgado; Haddad, 2015).

Historicamente as pesquisas acerca das vocalizações de anuros se concentraram quase que exclusivamente sobre os machos, mesmo com a primeira documentação de cantos emitidos por fêmeas tendo ocorrido no início do século 20 (Dickerson, 1906). Apesar do aumento dos registros ao longo dos anos, principalmente a partir de 1950, poucos estudos foram além de relatos descritivos para fornecer observações detalhadas do contexto e do papel em que os cantos femininos são emitidos (Santana; Mendoza-Henao; Goyes Vallejos, 2025).

Dada a importância da comunicação por sinais acústicos no ciclo de vida dos anuros, ao longo das décadas muitos estudos foram desenvolvidos com o intuito de investigar seu comportamento vocal, os quais podem ser aplicados para diversas áreas, como ecologia, taxonomia e conservação (Koehler *et al.*, 2017). Logo na década de 60, Bogert (1960) propôs o primeiro sistema de classificação dos sinais acústicos dos anuros baseado em características biológicas e ecológicas. Posteriormente, outros pesquisadores se aprofundaram nesse tema, e outras nomenclaturas ou classificações surgiram complementando ou sistematizando o conhecimento acerca esta temática (Aronson, 1944; Martof; Thompson Jr, 1958; Lescure, 1968; Paillette, 1971; Littlejohn, 1977; Sebeok, 1977; Wells, 1977; Picker, 1980; Wells; Greer, 1981; Odendaal; Bull; Telford, 1983; Ryan, 1985; Gerhardt, 1994; Haddad, 1995; Taylor, 2013). Uma das classificações mais recentes e aceita é proposta por Toledo *et al.* (2015), que dispõe os tipos de vocalização dos anuros em três categorias: Reprodutivos (6 subcategorias), Agressivos (4) e Defensivos (3).

Entretanto Santana, Mendoza-Henao e Goyes Vallejos (2025) argumentam que ao longo das classificações as definições foram frequentemente derivadas de definições anteriores, fornecendo insights limitados e criando discrepâncias na literatura requerendo um refinamento para se alinharem ao conhecimento atual. Com isso, propõem uma estrutura que permita comparações futuras entre sexos, espécies e estudos em 6 categorias de canto (Anúncio (*Advertisement call*); Cortejo (*Courtship call*); Amplexo (*Amplexus call*); Soltura (*Release call*); Agonístico (*Distress call*); Agressivo (*Aggressive call*). Figura 1) (Santana; Mendoza-Henao; Goyes Vallejos, 2025).

Figura 1: Classificação dos tipos de vocalizações emitidas por anuros. As fêmeas são representadas em cinza claro, enquanto os machos são representados em cinza escuro.



Fonte: Adaptado de Santana, Mendoza-Henao e Goyes Vallejos (2025).

2.2 Seleção Sexual e competição intraespecífica

A interação de disputa por algum tipo de recurso (sendo os mais comuns alimentos, territórios e a reprodução) entre organismos é chamada de competição (Darwin, 1964; Gause, 2019). Nesse embate, o indivíduo que possuir alguma vantagem sobre outro(s) será vitorioso e conquistará o recurso em disputa. A competição pode ser inter-específica (quando envolve indivíduos de espécies diferentes) ou intraespecífica (quando envolve indivíduos da mesma espécie) (Darwin, 1964). Devido à finitude dos recursos, a competição pode ser intensificada pela alta densidade populacional e/ou baixa disponibilidade de recursos no ambiente (Connell, 1983). No contexto da reprodução, a competição intraespecífica assume papel central na dinâmica social de muitos organismos, nomeada de seleção sexual. Refere-se à vantagem que certos indivíduos tem sobre outros do mesmo sexo e espécie em relação à reprodução (Andersson; Iwasa, 1996).

Nos anfíbios anuros a diversidade de comportamentos sociais, reprodutivos e comunicativos chama a atenção de muitos pesquisadores (Wells, 2007). Ao longo do tempo, muitos trabalhos foram realizados para descrever e investigar a seleção sexual em anuros (Giaretta; Cardoso, 1995; Martins; Haddad, 1988; Giaretta; Facure, 2004; Narvaes; Rodrigues, 2005; Giasson; Haddad, 2007; Sá, 2010; Cayuela *et al.*, 2017). Nos anuros, os comportamentos relacionados à seleção sexual são mediados principalmente por sinais acústicos, que são fortemente influenciados pelo ambiente (Koehler *et al.*, 2017). As disputas entre machos variam entre vocalizações agressivas e o combate físico para ter acesso a fêmeas reprodutivas ou recursos essenciais para a reprodução, que são exigidos pelos complexos e diversos modos reprodutivos deste grupo (Bee; Reichert; Tumulty, 2016; Koehler *et al.*, 2017; Nunes-de-Almeida; Haddad; Toledo, 2021).

Embora a comunicação aconteça através de sinais acústicos na maioria das vezes, outros sentidos, como o visual e o tátil, também são frequentemente observados por meio de sinais multimodais que complementam o sinal acústico com outra modalidade sensorial (Caldart; Iop; Cechin, 2014). Por exemplo, durante o ritual de corte de *Aplastodiscus arildae* (Carvalho Jr; Galdino; Nascimento, 2006), acontece uma troca de toques, vocalizações e saltos que direcionam a fêmea até um possível local de postura.

A maioria dos anuros produz um canto de anúncio espécie-específico, e as fêmeas preferem cantos coespecíficos a heteroespecíficos (Ryan, 1985; Wells, 2007), o que pode

contribuir para a redução de respostas a sinais falsos e diminuir a chance de hibridização. Como a hibridização, entre *Phyllomedusa tetraploidea* e *Phyllomedusa distincta*, que possuem cantos de anúncio muito parecidos, e acabam cruzando entre si (Haddad; Pombal Jr; Batistic, 1994).

A competição intrasexual acontece quando indivíduos do mesmo sexo disputam pelo recurso reprodutivo (indivíduos do sexo oposto, locais de nidificação, etc). Quanto a isso, a teoria da seleção sexual prevê que, quando indivíduos de um mesmo sexo lutam, os vencedores geralmente são os maiores e mais fortes e podem acasalar com um ou mais parceiros que geralmente não estão envolvidas na competição (Andersson, 1994). Por outro lado, existe a seleção intersexual em que a competição é baseada em exibições comportamentais ou fisiológicas, como a vocalização, dança e exibições de características do corpo, e indivíduos do sexo oposto atuam como juizes determinando os vencedores (Wiley; Poston, 1996; Wells, 2007).

Nos anuros que apresentam a estratégia territorial, geralmente os machos disputam por fêmeas reprodutivas formando arenas de vocalização em ambientes associados à água, onde cada macho ao escolher um sítio de vocalização adequado emite cantos de anúncio para atrair as fêmeas, mas também precisam defender seu território, emitindo cantos territoriais para afastar outros machos (Koehler *et al.*, 2017; Wells, 2007). Em alguns casos, a disputa entre machos por sítios de vocalização adequados pode escalar para o combate físico, no qual machos com tamanho corporal maior possuem vantagem (Vági; Hettyey, 2016). Com isso, machos menores buscam por estratégias alternativas, tentando interceptar fêmeas em seu caminho ou utilizando estratégias furtivas ou de satélite (Byrne; Roberts, 2004; Lodé *et al.*, 2004). Nestes casos de estratégia territorial, os machos poderiam minimizar os custos e maximizar a probabilidade de sucesso do acasalamento escolhendo o momento ideal para a exibição, ajustando a taxa de repetição das exibições de cortejo e/ou modulando a complexidade das exibições em resposta a mudanças nas variáveis sociais ou ambientais (Patricelli *et al.*, 2002; Gregory Byrne, 2008). Mas quando a disputa escala para um conflito físico, os machos tendem a optar por lutar contra machos subordinados, como reportado em anuros e aves (Arak, 1983; Rémy *et al.*, 2010).

Já nos anuros que apresentam a estratégia de reprodução explosiva, há uma alta densidade de machos nos sítios de vocalização que, além de emitir cantos de anúncio, buscam ativamente pelas fêmeas que estão disponíveis por um curto período de tempo (Bee; Reichert;

Tumulty, 2016; Wells, 2007). Nesta estratégia, o gasto energético com lutas corporais é alto e machos não pareados podem se juntar ao casal em amplexo formando agregados de acasalamento que podem até levar fêmeas a óbito devido ao excesso de peso (Duellman; Trueb, 1994; Trauth; McCallum; Cartwright, 2000; Wells, 2007).

2.3 Influência da temperatura no comportamento vocal de anuros

Um dos fatores que pode influenciar os aspectos das vocalizações de anuros é a temperatura ambiente (Navas, 1996; Van Sluys *et al.*, 2012). Devido à sua ectotermia, muitos de seus aspectos fisiológicos e comportamentais estão ligados à temperatura ambiente, uma vez que ela afeta a taxa de reações metabólicas (Wells, 2007). Para muitas espécies de anuros, o período de atividade vocal é regulado pela temperatura do ambiente, que também influencia características dos sinais acústicos (Wells, 2007). Os efeitos da temperatura são mais evidentes nas características temporais diretamente ligadas às contrações musculares, como a taxa de chamados, taxa de pulsos e duração das chamadas, enquanto tende a ser sutil ou inexistente em características espectrais (Bee; Schwartz, 2013; Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016; Koehler *et al.*, 2017).

De acordo com Koehler *et al.* (2017), muitos estudos foram realizados ao longo das últimas décadas avaliando a associação entre a temperatura ambiente no momento da gravação da vocalização e os parâmetros acústicos. Porém há muitos outros aspectos do comportamento e da fisiologia que influenciam a atividade vocal, mas acabam sendo ignorados, seja pelo método de amostragem empregado, dificuldade em registrar diversas variáveis simultaneamente, complexidade de realizar pesquisas com espécies raras ou que utilizam sítio vocal muito específico, limitações tecnológicas, temporais ou todos esses fatores ao mesmo tempo (Koehler *et al.*, 2017).

Brow & Brown (1977) encontraram em sua pesquisa diferenças entre a temperatura média corporal, temperatura média da água e temperatura média do ar e as relações testadas entre as três medidas de temperatura e os parâmetros temporais de canto apresentaram independentemente resposta significativa para a duração e taxa de repetição do chamado.

Outro estudo envolvendo a temperatura corporal e as vocalizações de espécies do gênero *Anaxyrus* encontraram forte relação positiva significativa entre a temperatura corporal e a taxa de pulsos, mas uma correlação significativa mais fraca e inversa entre a temperatura

corporal e a duração do canto, ressaltando a não retilinearidade da duração do canto em qualquer temperatura (Zweifel, 1968).

Brepson, Voituron & Lengagne (2013) verificaram que o aumento da temperatura do ar teve um impacto tanto na atividade vocal quanto em todas as propriedades do canto que foram medidas, aumentando a taxa de chamada, a frequência dominante, mas diminuindo a duração do canto. Sullivan e Hinshaw (1992) encontraram correlação da temperatura corporal com o aumento da taxa de chamados por minuto, taxa de pulsos e a frequência dominante e a diminuição da duração da chamada.

Entretanto, a maioria dos estudos busca investigar o efeito da temperatura ambiente sobre vocalizações, mas raros são os estudos de bioacústica que avaliam a temperatura corporal durante a emissão de cantos de anúncios (Fouquette Jr, 1980). Isto não é tão simples, já que, ao realizar a medição via cloaca, podem acontecer trocas de calor via condução entre o pesquisador e o anuro durante a captura e manuseio, e estes ainda podem apresentar comportamento de fuga, sendo necessária a recaptura do animal, possibilitando novas trocas de calor entre eles, gerando estresse e interferência com a temperatura corporal no momento da vocalização (Azcué, 2015; Narayan; Gramapurohit, 2019). Assim, estas medições podem apresentar resultados imprecisos. Com o avanço da tecnologia, surgiram os termômetros a laser infravermelho e câmeras termográficas, que permitem extrair a temperatura da superfície corporal de modo pouco invasivo (Tattersall, 2016). Pesquisas utilizando essas ferramentas em sua maioria foram conduzidas para avaliar a fisiologia térmica destes organismos, qualidade térmica do habitat e incorporação de dados de biologia térmica em modelos que preveem as respostas das espécies às alterações climáticas (Taylor *et al.*, 2021), mas poucos estudos de campo foram elaborados para investigar a temperatura corporal de anfíbios e seu efeito sobre suas vocalizações.

É nesse cenário que se concentra o esforço desta pesquisa. Com o apoio de uma câmera termográfica, investigamos o comportamento vocal da perereca *Boana albopunctata* e sua temperatura corporal durante a vocalização em diferentes contextos de competição com outros machos da espécie.

2.4 ARTIGO: A temperatura corporal influencia no canto de anfíbios sob competição intraespecífica?

Henrique Silva Cardoso Furtado ¹

Vinícius Xavier da Silva ²

Luiz Fernando Ferreira ³

Rogério Grassetto Teixeira da Cunha ⁴

Resumo

A comunicação sonora medeia os comportamentos sociais e reprodutivos dos anuros sendo influenciada por fatores endógenos e exógenos, especialmente a temperatura e precipitação. Embora muitos estudos tenham avaliado a influência da temperatura ambiente, poucos consideraram a temperatura corporal, agora mensurável de forma não invasiva com câmeras termográficas. Investigamos as relações entre temperatura do ar e corporal e seus efeitos sobre o contexto social e o comportamento vocal de *Boana albopunctata*. Hipotetizamos que temperaturas corporais mais altas aumentam a taxa de pulsos e o número de notas emitidas por minuto, reduzindo a duração das notas. Também previmos correlação positiva entre as temperaturas do ar e corporal, além de efeitos positivos sobre a densidade e a distância entre indivíduos. O estudo foi conduzido em 14 sítios reprodutivos em Minas Gerais, Brasil, entre fevereiro e abril de 2024 e entre outubro de 2024 e março de 2025. Obtivemos gravações de 1486 notas de 89 indivíduos e analisamos os dados com Modelos Lineares Mistos. A temperatura do ar e a corporal apresentaram correlação positiva, e a primeira influenciou positivamente a distância entre indivíduos. O modelo rejeitou a temperatura corporal como variável de influência direta, mas indicou aumento da taxa de pulsos das notas T com a temperatura do ar e efeito negativo da umidade sobre a taxa de pulsos das notas A. Verificamos relação negativa entre taxa de pulsos e duração nas notas B, e efeito negativo da taxa de chamado sobre a taxa de pulsos das notas T, porém positivo sobre a duração.

Palavras-chave: bioacústica; seleção sexual; preferência de fêmeas; trade-off

¹ Universidade Federal de Alfenas. e-mail: henrique.furtado@sou.unifal-mg.edu.br

² Universidade Federal de Alfenas. e-mail: vinicius.silva@unifal-mg.edu.br

³ Universidade Federal de Alfenas. e-mail: luiz.ferreira@sou.unifal-mg.edu.br

⁴ Universidade Federal de Alfenas. e-mail: rogerio.cunha@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

Para muitos grupos de animais, os sinais acústicos são importantes durante a seleção sexual: peixes (Ladich, 2018), crustáceos (Filiciotto *et al.*, 2019), insetos (Baker; Clemens; Murthy, 2019), anuros (Toledo *et al.*, 2015), aves (Keen *et al.*, 2016) e mamíferos (Tembrock, 1963). Esses sinais muitas vezes compõem uma parte do sistema multimodal, uma complexa rede de sinais, químicos, táteis e visuais, que, utilizados pelo emissor, são percebidos pelos aparelhos sensitivos do receptor e, juntos, transmitem informações suficientes durante interações reprodutivas (Higham; Hebets, 2013).

Nos anfíbios anuros, podemos observar uma variedade de comportamentos sociais e reprodutivos, em muitos casos mediados pela comunicação sonora (Duellman; Trueb, 1994; Toledo *et al.*, 2015). Durante o coro, os indivíduos transmitem e recebem informações alternadamente (Burt; Vehrencamp, 2005) e a organização social geralmente depende de fatores endógenos e exógenos (Oseen; Wassersug, 2002; Saenz *et al.*, 2006; Both *et al.*, 2008).

A temperatura e a precipitação são os fatores ambientais com maior influência sobre o ciclo de vida dos anuros e a sua atividade vocal (Navas, 1996; Van Sluys *et al.*, 2012). Essas variáveis afetam o desempenho fisiológico dos organismos ectotérmicos, com a temperatura ambiente desempenhando papel fundamental para o metabolismo, que, juntamente com a massa corporal, são responsáveis pelas características básicas dos sinais acústicos (Gillooly & Ophir, 2010). Assim, alterações nas propriedades dos sinais acústicos podem estar relacionadas à temperatura ambiente e frequentemente são perceptíveis na duração, na taxa de chamado, taxa de pulsos e frequência dominante (Gayou, 1984; Gerhardt, 1991, 1994; Márquez; Bosch, 1995; Sullivan; Hinshaw, 1992; Wong *et al.*, 2004; Sanborn, 2005; Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016; Ladich, 2018).

Devido à facilidade de observação do comportamento vocal dos anfíbios anuros e da obtenção dos dados sonoros em campo, suas vocalizações vêm sendo muito estudadas (Koehler *et al.*, 2017), sobretudo nas últimas décadas, devido ao avanço das tecnologias de captura e reprodução de áudios (Snaddon *et al.*, 2013).

Nos anuros muitos estudos registraram a associação entre a temperatura ambiente no momento da gravação da vocalização e as características do canto (Koehler *et al.*, 2017), mas são raros os estudos que avaliaram a temperatura corporal durante a emissão de cantos de

anúncios (Fouquette Jr, 1980). Extrair medidas de temperatura corporal via cloaca ou oral não é simples e elas ainda podem ser imprecisas, devido ao estresse e a trocas de calor entre o pesquisador e o anuro no momento da captura e manuseio, além da necessidade de recapturar o animal (Azcué, 2015; Narayan; Gramapurohit, 2019). Porém, já é possível utilizar termômetros a laser infravermelho e câmeras termográficas, que permitem extrair a temperatura da superfície corporal de modo pouco invasivo (Tattersall, 2016).

Pesquisas utilizando essas ferramentas em sua maioria foram conduzidas para avaliar a fisiologia térmica destes organismos, qualidade térmica do habitat e incorporação de dados de biologia térmica em modelos que preveem as respostas das espécies às alterações climáticas (Taylor *et al.*, 2021), mas poucos estudos de campo foram elaborados para investigar a temperatura corporal de anfíbios e seu efeito sobre suas vocalizações.

Neste estudo hipotetizamos que a temperatura corporal está relacionada positivamente com a temperatura do ar (Fouquette Jr, 1980) e que ambas possuem um efeito significativo positivo com a densidade de indivíduos e com a distância entre os vizinhos mais próximos (p. ex. fatores abióticos, como temperatura e umidade influenciaram positivamente na formação de coro e lek em duas espécies, Llusia *et al.*, 2013). Hipotetizamos também que o aumento do estado fisiológico causado pelo aumento da temperatura corporal de *B. albopunctata* determinará a estrutura vocal da chamada (Ziegler; Arim; Bozinovic, 2016). A partir desta hipótese, predizemos que quanto maior a temperatura corporal, maiores serão a taxa de pulsos, a taxa total de notas emitidas por minuto e de notas com menor duração (Sullivan e Hinshaw, 1992; Brepson; Voituron; Lengagne, 2013) isso porque espera-se que haja compensações entre características cuja expressão depende da alocação de um conjunto comum de recursos (Stearns, 1989).

DESENVOLVIMENTO

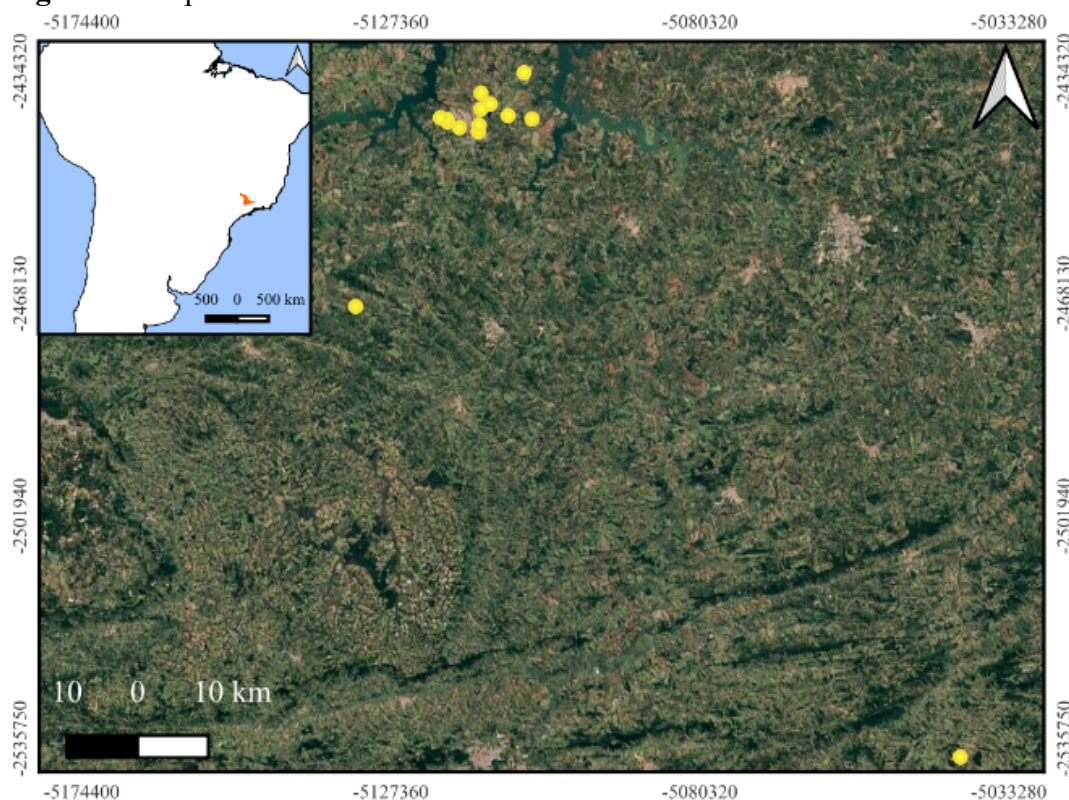
Materiais e métodos

Área de Estudo

Realizamos o estudo em 14 sítios amostrais nos municípios de Cristina, Alfenas e Campestre (Figura 1), na região sul do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. Esta área

está inserida em uma zona de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado. As coletas de dados aconteceram durante o período de maior atividade da espécie-alvo nos meses de fevereiro a abril de 2024 e de outubro de 2024 a março de 2025.

Figura 1: Mapa da área de estudo



Fonte: Autor.

Legenda: Na figura menor, a cor branca representa o território da América do Sul, e a região laranja representa a área de estudo na região sul do estado de Minas Gerais Brasil. No mapa de satélite os pontos amarelos correspondem aos sítios amostrais.

Espécie alvo

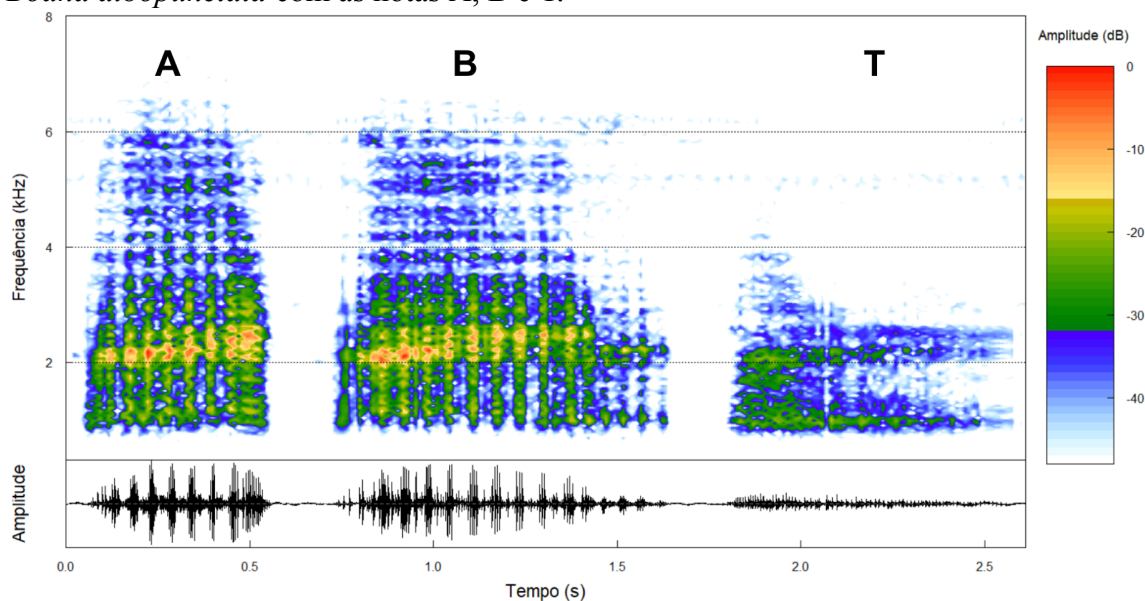
Boana albopunctata (Spix, 1824) é uma perereca da família Hylidae, de porte médio a grande (Sá, 2010) associada a corpos d' água lóticos, permanentes e de tamanho médio, com vegetação geralmente constituída por gramíneas ou arbustos (Andrade, 1987; Cardoso, 1981, 1986; Jim, 1980). Apresenta ampla distribuição na América do Sul (Frost, 2024), e ocorre em áreas abertas em altitudes que variam entre zero e 2.000 metros (IUCN, 2021).

Essa espécie apresenta padrão reprodutivo prolongado, desovando entre os meses de agosto e abril (Duarte *et al.*, 2019; Sá, 2010). De hábito noturno, iniciam suas vocalizações

próximo ao pôr do sol, podendo se estender pela madrugada (Duarte *et al.*, 2019). Os machos apresentam territorialidade e costumam defender os sítios de vocalização (Sá, 2010).

A vocalização de *B. albopunctata* é constituída por três tipos básicos de notas multipulsionadas (Figura 2), A, B e T (Andrade, 1987; Cardoso, 1981, 1986; Sá, 2010). O canto de anúncio (“*advertisement call*”) é formado pelas notas A e B, que são muito similares e se distinguem apenas pela duração (Sá, 2010). Já a nota T apresenta função territorial (“*territorial call*”) e um som diferente. Essa espécie pode apresentar cantos simples (formados por uma única nota) e compostos, formados por duas ou três notas de diferentes tipos e combinações, sendo o canto ABT o mais comum (Cardoso, 1986; Sá, 2010).

Figura 2: Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) de um canto composto de *Boana albopunctata* com as notas A, B e T.



Fonte: Autor.

Desenho Experimental

Cada sítio amostral foi visitado durante a noite uma única vez e tentamos localizar e gravar todos os machos vocalizando. Para obter os registros sonoros foi utilizado o Gravador Digital Zoom H4n Pro padronizando a distância entre o emissor e o gravador em cerca de 1m, mensurado através de um gancho herpetológico, sempre com o microfone apontado de frente para o rosto do animal. Cada gravação de áudio teve duração padrão de 1 minuto. As

gravações foram depositadas no arquivo sonoro do Laboratório de Anfíbios e Répteis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ZUFRRJ-AS).

Utilizando o software Raven Pro 1.6 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology, 2024) extraímos os seguintes parâmetros acústicos das vocalizações: 1) duração das notas; 2) quantidade de pulsos para cada tipo de nota; 3) taxa de pulsos de cada nota (Σ n° de pulsos/duração da nota); 3) quantidade de notas A, B e T por minuto de gravação; 4) taxa de repetição do chamado (Σ n° total de notas/minuto).

Utilizamos o espectrograma com as seguintes configurações: window type Blackman, window size 30 ms, DFT size 2048 samples, overlap 80%, 3 dB filter bandwidth 54.7 Hz e grid spacing 21.5 Hz. Para a extração do número de pulsos para cada tipo de nota foram selecionadas aleatoriamente até 3 notas A, B e T de cada indivíduo gravado. Devido à semelhança acústica entre as notas A e B, definimos que notas A eram as que possuíam duração $< 0,5s$ e as notas B $\geq 0,5s$, de acordo com a amplitude de durações apresentada por Sá (2010).

A temperatura corporal de cada indivíduo foi registrada durante o momento da gravação utilizando a câmera termográfica modelo Fotric 346A, sempre de frente ao corpo do animal a uma distância de 1m. Assim, para cada indivíduo registrado temos uma gravação de áudio de 1 minuto e uma imagem termográfica.

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar foram extraídas por um termohigrômetro CE modelo 303C.

A distância entre cada emissor e seu vizinho mais próximo foi mensurada com o uso de uma fita métrica. Com base nessas medições, foi calculada a densidade de indivíduos em um raio de 10m ao redor de cada emissor, a fim de incorporar essa variável nos modelos estatísticos.

Análise dos Dados

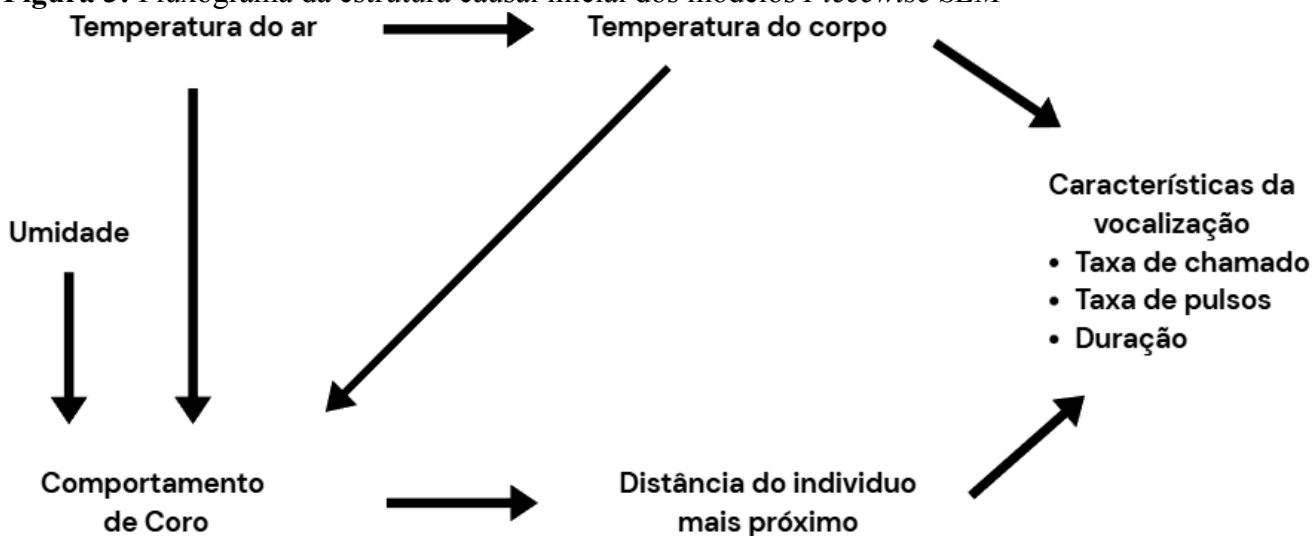
Realizamos a análise dos dados através do software R (Team, 2010). Para testar a correlação entre a temperatura ambiente e a temperatura corporal foi realizado um teste de correlação de Pearson. Para testar as nossas outras hipóteses, ajustamos modelos de equações estruturais (*piecewise* SEM) separados para cada tipo de nota (A, B e T). A escolha desse

método se deve à complexidade das relações entre as variáveis ecológicas investigadas neste estudo. Diferentemente de análises univariadas ou modelos lineares simples, a SEM permite avaliar múltiplas relações causais simultaneamente, integrando efeitos diretos e indiretos entre variáveis, o que é particularmente útil em contextos ecológicos, onde os processos são interdependentes e hierárquicos (Lefcheck, 2016).

Em todos os modelos, a estrutura causal (Tabela 1) foi inicialmente construída com base em hipóteses teóricas (Figura 3) e posteriormente refinada com base nos testes de independência (D-sep), nos valores de significância dos coeficientes, e nos critérios de ajuste global (como o AIC e o Fisher's C).

Essas hipóteses derivam do entendimento de que, a ectotermia e a pele altamente permeável dos anuros (Duellman; Trueb, 1994; Wells, 2007), a temperatura ambiental e a precipitação são os fatores ambientais com maior influência sobre o seu ciclo de vida e a atividade vocal (Navas, 1996; Wells, 2007; Van Sluys *et al.*, 2012) favorecendo a formação de coros reprodutivos que aumentam a chance de atração de fêmeas, diluem as chances de predação mas aumentam a competição (Wells, 2007; Toledo *et al.*, 2015; Farina; Ceraulo, 2017). Para aumentar a atratividade, os machos alteram propriedades do canto relacionadas a preferências das fêmeas (Gerhardt, 1991; Koehler *et al.*, 2017).

Figura 3: Fluxograma da estrutura causal inicial dos modelos *Piecewise SEM*



Fonte: Autor.

Legenda: As setas indicam a direção da relação entre variáveis.

Tabela 1: Modelo de equações estruturais inicial para cada nota.

Modelo	Variável Resposta	Variáveis Preditivas	Efeito aleatório
m1	temperatura corporal	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m2	densidade de indivíduos em 10 metros	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m3	indivíduo mais próximo	temperatura do ar; densidade de indivíduos em 10 metros	ponto amostral
m4	notas por minuto	temperatura corporal; indivíduo mais próximo	ponto amostral
m5	taxa de pulsos	temperatura corporal; notas por minuto	ponto amostral
m6	duração da nota	temperatura corporal; notas por minuto; taxa de pulsos	ponto amostral

Fonte: Autor.

Apenas o modelo para a nota B apresentou um bom ajuste estatístico B (Fisher's $C = 20.43$, $p = 0.84$) e AIC (de 1050.56) e nenhum novo caminho foi sugerido ou removido pelo teste de independência condicional (D-separation tests). Em contrapartida, os testes de separação (D-separation tests) indicaram que diversos caminhos incluídos inicialmente não apresentaram significância estatística nem suporte teórico consistente para as notas A e T. Além disso, o teste indicou a ausência do caminho causal entre a proximidade de indivíduos e a umidade relativa do ar para os modelos das notas A e T, entre a taxa de pulsos e a proximidade de indivíduos para o modelo da nota A e para duração das notas e a umidade para o modelo das notas T. Diante disso, foi proposta uma versão mais enxuta do modelo, mantendo apenas os caminhos mais robustos e teoricamente plausíveis (Tabela 2).

O modelo ajustado para as notas A e T (Tabela 2) apresentou um bom ajuste global e reduziu o valor de AIC indicando maior parcimônia tanto para as notas A (Fisher's $C = 45.99$ para 15,1; $p = 0.03$ para 0,99; e AIC de 1063,33 para 1031,9) quanto para as notas T (Fisher's $C = 29,065$ para 30,438; $p = 0.41$ para 0,55; e AIC de 1019,4 para 1008,4).

Tabela 2: Modelo de equações estruturais ajustado para as notas A e T.

Modelo	Variável Resposta	Variáveis Preditivas	Efeito aleatório
Nota A			
m1	temperatura corporal	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m2	densidade de indivíduos em 10m	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m3	indivíduo mais próximo	temperatura do ar; densidade de indivíduos em 10 metros	ponto amostral
m4	notas por minuto	temperatura corporal	ponto amostral
m5	taxa de pulsos	temperatura corporal; notas por minuto; umidade relativa do ar	ponto amostral
m6	duração da nota	notas por minuto	ponto amostral
Nota T			
m1	temperatura corporal	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m2	densidade de indivíduos em 10m	temperatura do ar; umidade relativa do ar	ponto amostral
m3	indivíduo mais próximo	temperatura do ar; densidade de indivíduos em 10 metros	ponto amostral
m4	notas por minuto	temperatura corporal	ponto amostral
m5	taxa de pulsos	temperatura do ar; notas por minuto	ponto amostral
m6	duração da nota	notas por minuto	ponto amostral

Fonte: Autor.

RESULTADOS

Registramos 116 indivíduos de *B. albopunctata* e obtivemos um total de 89 gravações do canto de anúncio com sua imagem termográfica correspondente para os 14 pontos amostrais. A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados registrados no estudo e a Tabela 4 apresenta os parâmetros acústicos obtidos para cada tipo de nota.

A temperatura do ar e a temperatura corporal apresentaram uma correlação positiva significativa (correlação de Pearson $r = 0,386$, $t = 3,90$, $p < 0,001$, Figura 4). A partir das análises com o modelo de equações estruturais (*piecewise* SEM) sete efeitos diretos foram estatisticamente significativos (Tabela 5 e Figura 5).

Tabela 3 - Resumo dos dados básicos coletados.

Dados	n	Média - Desvio padrão	Amplitude
Quantidade de indivíduos	116	8,21 ± 4,25	1 a 16
Temperatura corporal	89	19,41 ± 1,75	15,8 a 23,5
Temperatura do ar	89	24,48 ± 1,96	19,8 a 29,1
Umidade	89	67,49 ± 8,71	50 a 91
Quantidade total de notas	1486	17,27 ± 13,56	1 a 55
Notas do tipo A	659	8,56 ± 9	1 a 50
Notas do tipo B	390	5,74 ± 6,17	1 a 32
Notas do tipo T	437	5,33 ± 2,91	1 a 14

Fonte: Autor.

Tabela 4 - Parâmetros acústicos das notas A, B e T de *Boana albopunctata*.

Parâmetros Temporais	Média			Desvio padrão			Amplitude		
	Nota A	Nota B	Nota T	Nota A	Nota B	Nota T	Nota A	Nota B	Nota T
Duração	0,38	0,62	0,46	± 0,07	± 0,1	± 0,13	0,16 a 0,49	0,50 a 1,12	0,06 a 0,91
Pulsos	9,9	15,27	50,83	± 2,67	± 3,69	± 15,33	2 a 18	7 a 31	13 a 97
Taxa de pulsos	25,72	25,34	117,28	± 5,79	± 5,13	± 37,01	7,63 a 54,96	12,58 a 36,63	58,06 a 460,77
Taxa de chamado*		17,27			± 13,56			1 a 55	

Fonte: Autor.

Legenda: * A taxa de chamada é a medida da quantidade total de notas registradas por minuto, independente do tipo.

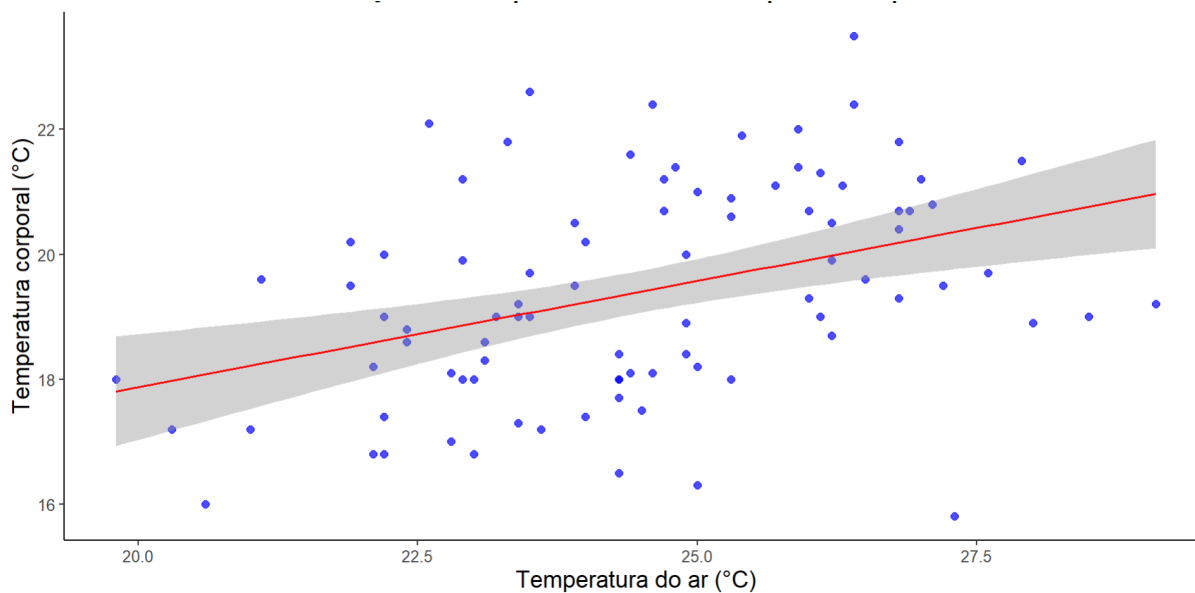
Tabela 5: Efeitos significativos encontrados nas análises do modelo de equações (*piecewise* SEM).

Relação		Notas	Estimate	<i>p</i>
Variável Preditivas	Variável resposta			
Temperatura do ar	Proximidade de indivíduos	..	+0.2550	0.0158
Umidade relativa do ar	Taxa de pulsos	A	+0.2822	0.0328
Taxa de pulsos	Duração da nota	B	+0.2687	0.0357
Taxa de chamado	Taxa de pulsos	T	+0.3861	0.0015
Taxa de chamado	Duração da nota	T	+0.3410	0.0084
Temperatura do ar	Taxa de pulsos	T	+0.3566	0.0035

Fonte: Autor.

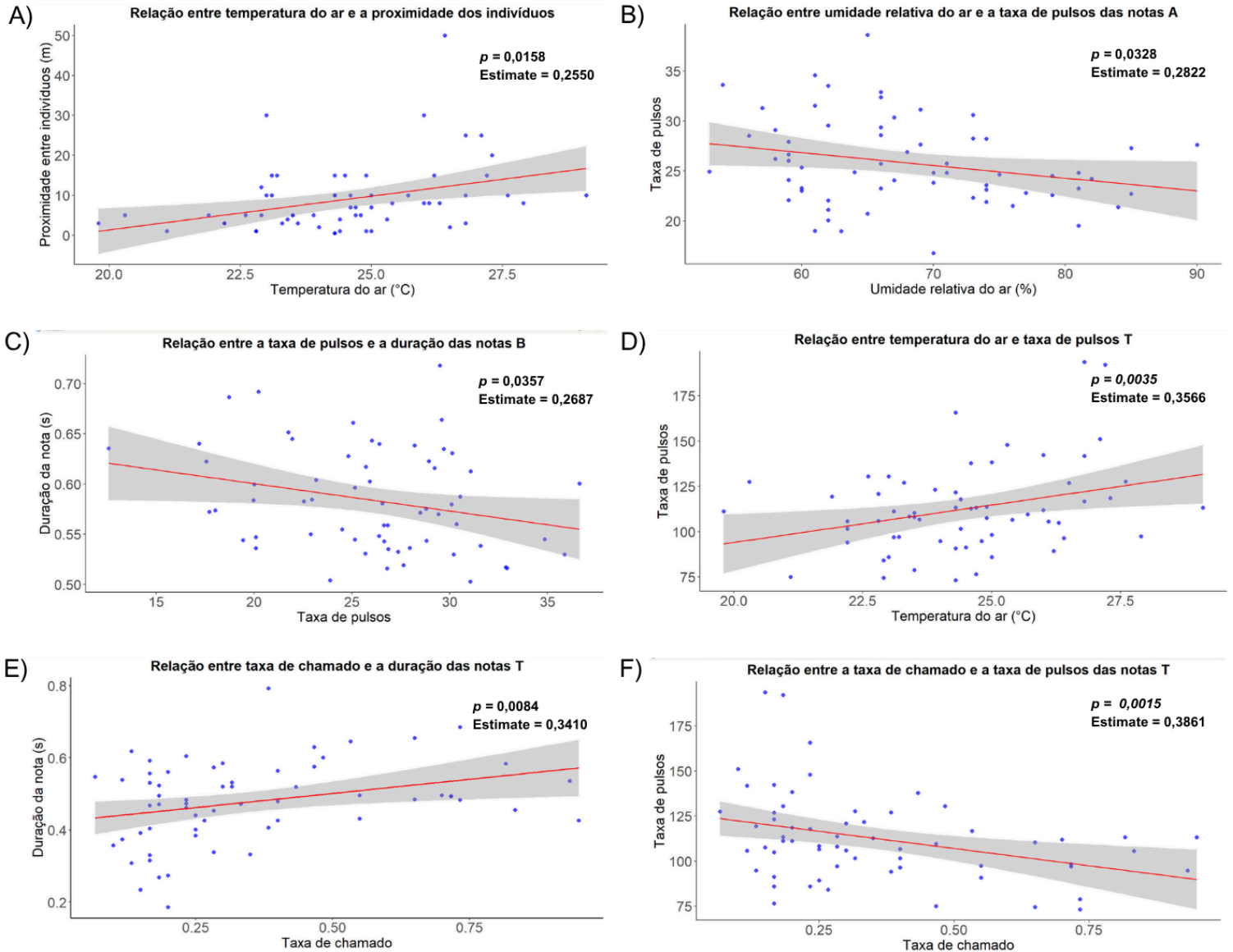
Legenda: Não aplicável (..).

Figura 4: Correlação entre a temperatura do ar e a temperatura corporal de *B. albopunctata*.



Fonte: Autor

Figura 5: Efeitos significativos encontrados nas análises do modelo de equações (*piecewise* SEM).



Fonte: Autor.

DISCUSSÃO

Efeitos da temperatura em *B. albopunctata* e na proximidade entre indivíduos.

Nossos resultados corroboram a hipótese sobre a relação entre a temperatura do ar e a temperatura corporal. Assim, a temperatura do ar pode ser utilizada como uma medida indireta da temperatura corporal. Porém, apenas cerca de 15% ($r^2 = 0,148$) da variação é explicada pela temperatura do ar indicando que ainda há outros fatores responsáveis pela

maior parte da variação que não foram mensurados neste trabalho, e que podem ser: o tipo de sítio de vocalização, altura em relação ao solo, exposição ao vento, força do vento, umidade, aspectos comportamentais de termorregulação prévios ao início da vocalização e diferenças individuais que podem influenciar a temperatura de um organismo ectotérmico.

A temperatura do ar também influenciou positivamente a distância entre vizinhos mais próximos (Figura 5: A). Estes resultados correspondem às estratégias reprodutivas dos anuros, uma vez que a estação reprodutiva é limitada por fatores climáticos sazonais, como umidade e temperatura (Wells, 2007). Assim, condições climáticas favoráveis são determinantes para os anuros investirem em vocalizações, a presença desses sinais recrutam outros coespecíficos ao coro e estimulam o comportamento vocal favorecendo agregados reprodutivos mais populosos (Llusia *et al.*, 2013). Os machos de *B. albopunctata* vocalizam nesses agregados formando coros reprodutivos (Sá, 2010), competindo e defendendo seus territórios ou recursos de reprodução (Sá; Zina; Haddad, 2014). De acordo com Sá (2010), em estações reprodutivas subsequentes esses agregados ocuparam diferentes locais dentro do sítio reprodutivo, o que pode demonstrar plasticidade comportamental da espécie para acompanhar as alterações sazonais do ambiente de acordo com a disponibilidade de sítios reprodutivos (Sá; Zina; Haddad, 2014). Neste trabalho não avaliamos a sazonalidade dos sítios reprodutivos, pois visitamos cada ponto amostral uma única noite. Mas, em nossas coletas, pudemos observar que alguns indivíduos vocalizavam distantes do agregado reprodutivo populoso e, mesmo nesses casos, formavam-se agregados menores.

Efeitos da temperatura corporal sobre os cantos de *B. albopunctata*

Os resultados encontrados pela análise dos modelos de equações estruturais (*piecewise SEM*) foram contrários às nossas hipóteses de que o aumento na temperatura corporal levaria ao aumento da taxa de pulsos por minuto, taxa total de notas emitidas por minuto e notas com menor duração.

Como investigamos em campo diversas populações e condições de coro distintas, os efeitos reais da temperatura corporal podem ter sido parcialmente mascarados, pois o ambiente social pode influenciar nas características dos cantos (Wong *et. al*, 2004). Por exemplo, os machos de *Dryophytes versicolor* modificam características em seu canto de

acordo com a mudanças na densidade do coro ou em resposta a mudanças semelhantes nos chamados de vizinhos próximos (Schwartz; Buchanan; H., 2002).

Outra hipótese é a não retilinearidade dos efeitos da temperatura sobre as propriedades do canto (Zweifel, 1968) e que faixas de temperatura estreitas podem mascarar os efeitos reais da temperatura sobre os sinais acústicos (Gayou, 1984), e neste trabalho a temperatura corporal variou apenas 7,7°C.

Sugerimos que novos estudos busquem investigar quais são as razões da variação da temperatura corporal nos anuros e o seu efeito sobre as características dos cantos através de experimentos de campo, playback e laboratório.

Efeitos da temperatura do ar e umidade sobre os cantos de *B. albopunctata*

Apesar de parecer contraditório e pouco intuitivo, os modelos de equações estruturais (*piecewise* SEM) indicaram que a temperatura do ar influenciou positivamente a taxa de pulsos nas notas tipo T (Figura 5: D), apontando o papel da temperatura sobre os parâmetros temporais da vocalização. Isso pode ter acontecido devido a uma maior variação na temperatura do ar (9,3°C) em relação a variação da temperatura corporal (7,7°C). Entretanto, essa questão precisa ser testada futuramente em laboratório para investigar os efeitos da temperatura corporal e do ar em faixas maiores de temperatura (do ar e corporal) para verificar se há algum efeito sobre as outras notas, A e B, do canto de anúncio de *B. albopunctata*.

Outra relação significativa envolvendo fatores ambientais em nossos resultados é a relação negativa da umidade relativa do ar sobre a taxa de pulsos de notas tipo A (Figura 5: B). A umidade e a temperatura são dois dos vários fatores ambientais que regulam o comportamento acústico e coro nos anuros (Donnelly; Guyer, 1994; Steelman; Dorcas, 2010). A umidade relativa do ar tem efeito sobre a propagação da onda sonora, que costuma ser transmitida melhor em ambientes mais úmidos do que em ambientes secos (Harris, 1966) e para os anuros a umidade tem um papel importante para evitar a dessecação (Wells, 2007).

Ao contrário da temperatura, pouco se sabe sobre a associação entre a umidade e as características do canto. Geralmente os estudos têm investigado os efeitos da temperatura e da umidade na atividade vocal dos anuros através da técnicas de monitoramento acústico

passivo, e destacam sua importância no padrão de atividade diária, emissão de vocalizações e na duração da estação reprodutiva (Llusia *et al.*, 2013; Bonnefond *et al.*, 2020).

Diante da relação encontrada entre a taxa de pulsos da nota A e a umidade relativa do ar há duas hipóteses possíveis e não excludentes que podem explicar essa relação. Uma delas é relacionada ao esforço da emissão do sinal onde o alto investimento está relacionado ao tempo de duração da atividade vocal, por exemplo, durante noites mais secas os indivíduos estão mais propensos a dessecação e assim investem mais já que o período de atividade será menor, por outro lado temos a segunda hipótese onde a transmissão do som no ambiente é favorecida durante alta umidade relativa do ar (Harris, 1966) garantindo uma transmissão eficiente das informações contidas em um menor número de pulsos.

Entretanto neste estudo não investigamos as características do sítio de vocalização e nem o grau de exposição dos indivíduos durante as gravações, assim excluímos informações importantes a respeito do microclima do sítio reprodutivo e quais os reais efeitos da umidade relativa do ar sobre cada indivíduo, já que nessa espécie os indivíduos podem vocalizar ao nível da água ou empoleirados, expostos ao vento ou escondidos em touceiras ou atrás de folhas. Com isso, nossas interpretações sobre o efeito da umidade relativa do ar são limitadas e recomendamos que futuros estudos investiguem a relação entre o sítio de vocalização, microclima, características e a propagação do sinal.

Relação entre parâmetros acústicos

Os resultados das análises de modelos de equações estruturais (*piecewise SEM*) apresentaram resultados significativos para relações entre parâmetros acústicos (duração, taxa de pulsos e taxa de chamados) que fazem sentido biológico e estão relacionados a limites físicos e compensações no desempenho vocal. Isto pois os sinais são energeticamente custosos e mecanicamente limitados e, portanto, espera-se que estejam sujeitos a compensações (Ryan 1986, 1988; Podos 1996). Nos anuros, há evidências das restrições energéticas do desempenho do sinal nos anuros (Byers; Hebets; Podos, 2010), mas ainda não se sabe sobre as restrições mecânicas, já documentadas em aves (Podos, 1997, 2001). Além disso, o desempenho da sinalização é modulado pelo contexto social da comunicação, especialmente em situações altamente competitivas (Reichert; Gerhardt, 2012).

Encontramos em nossos dados uma relação negativa entre a duração e a taxa de pulsos das notas B (Figura 5: C), o que indica uma compensação. Neste estudo não testamos a preferência das fêmeas por algum desses parâmetros e quais os mecanismos por trás do trade-off. Entretanto, em estudos com playback, as fêmeas de *Hyla intermedia* demonstraram preferência para cantos com taxa de pulsos maiores em relação à duração (Castellano; Rosso, 2006). Esse padrão de preferências pode desempenhar um papel na discriminação entre espécies (Castellano; Rosso, 2006) e diferenças na taxa e na forma de pulso têm um efeito sinérgico nas preferências das fêmeas de *Dryophytes versicolor* e reduzem efetivamente os riscos de acasalamento heteroespecífico em áreas simpátricas com *Dryophytes chrysoscelis* (Gerhardt; Schul, 1999). Assim, novos estudos devem testar se há preferências por determinados valores destes parâmetros acústicos das espécies do grupo *B. albopunctata* que são simpátrica como *B. multifasciata* (Günther, 1858), *B. raniceps* (Cope; 1862), *B. calcarata* (Troschel; 1848), além da própria espécie de estudo.

Em seguida, verificamos duas relações envolvendo a taxa de chamado das notas T (“territorial call”), a primeira com efeito positivo sobre a duração das notas T (Figura 5: E) e a segunda com efeito negativo sobre a taxa de pulsos das notas T (Figura 5: F). Podemos verificar um trade-off indireto, via taxa de chamada, entre a duração e a taxa de pulsos das notas T.

A principal hipótese sobre as notas T é que elas são utilizadas para manutenção dos territórios entre machos e a emissão delas durante o canto composto está relacionado a uma maior competição entre indivíduos (Sá, 2010), que podem ser em situações de coros muito populosos e/ou maior proximidade entre vizinhos. Assim, podemos hipotetizar que suas características informam a outros indivíduos o nível de agressividade, neste caso a duração e a taxa de pulsos, estabelecendo os territórios sem a necessidade de aproximação e combate físico entre os competidores.

Entretanto, mesmo em situações altamente competitivas os competidores não responderão igualmente em todas as situações, pois as relações interindividuais se dão a partir de conhecimentos prévios entre competidores. Uma possibilidade é que os vizinhos sejam conhecidos, fazendo com que os indivíduos sejam menos agressivos com eles, (hipótese do inimigo querido, Fisher, 1954). Com isso, em épocas em que os territórios estão estabelecidos espera-se que o investimento na emissão dessas notas seja menor (em quantidade ou esforço)

que durante o início da estação reprodutiva ou em condições em que os microhabitats são escassos (Sá; Zina; Haddad, 2014).

Poucos estudos investigaram quais são as causas dos limitadores do desempenho vocal em anuros, mas nossos resultados abrem caminho para o desenvolvimento de futuros experimentos acerca deste tema utilizando a *B. albopunctata* como modelo devido ao aparente trade-off observado entre características em diferentes tipos de canto (“*Advertisement call*” e “*Territorial call*”).

O presente estudo permitiu, portanto, testar hipóteses inéditas a respeito dos parâmetros acústicos de *B. albopunctata*, mas também levantar outras hipóteses a serem avaliadas em trabalhos futuros acerca da distribuição espacial dos anuros e seus efeitos na vocalização, como investigar as condições microclimáticas e as variações de temperatura corporal entre os diferentes sítios de vocalização para compreendermos melhor os seus efeitos nos sinais acústicos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. V. de. **Reprodução e vida larvaria de anuros (Amphibia) em poça de área aberta na Serra do Japi, Estado de São Paulo**. PhD Thesis—[S.l.]: [sn], 1987.
- AZCUÉ, F. H. **Thermoregulation in Neo-Tropical Tree Frogs**. Master's Thesis—[S.l.]: The University of Manchester (United Kingdom), 2015.
- BAKER, C. A.; CLEMENS, J.; MURTHY, M. Acoustic Pattern Recognition and Courtship Songs: Insights from Insects. **Annual Review of Neuroscience**, v. 42, n. 1, p. 129–147, 8 jul. 2019.
- BEE, M. A.; REICHERT, M. S.; TUMULTY, J. Assessment and recognition of rivals in anuran contests. In: **Advances in the Study of Behavior**. [S.l.]: Elsevier, 2016. v. 48 p. 161–249.
- BONNEFOND, A. *et al.* Climatic breadth of calling behaviour in two widespread Neotropical frogs: Insights from humidity extremes. **Global Change Biology**, v. 26, n. 10, p. 5431–5446, 2020.
- BOTH, C. *et al.* An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 3–4, p. 205–222, jan. 2008.
- BREPSON, L.; VOITURON, Y.; LENGAGNE, T. Condition-dependent ways to manage acoustic signals under energetic constraint in a tree frog. **Behavioral Ecology**, v. 24, n. 2, p. 488–496, 1 mar. 2013.
- BURT, J. M.; VEHRENCAMP, S. L. Dawn chorus as an interactive communication network. In: **Animal Communication Networks**, p. 320–343, 2005.
- BYERS, J.; HEBETS, E.; PODOS, J. Female mate choice based upon male motor performance. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 4, p. 771–778, 2010.
- CARDOSO, A. J. **Organização espacial e temporal na reprodução e vida larvária em uma comunidade de hilídeos no sudeste do Brasil (Amphibia, Anura)**. PhD Thesis—[S.l.]: [sn], 1981.
- CARDOSO, A. J. **Utilização de recursos para reprodução em comunidade de anuros no sudeste do Brasil**. PhD Thesis—[S.l.]: [sn], 1986.
- CASTELLANO, S.; ROSSO, A. Variation in Call Temporal Properties and Female Preferences in *Hyla intermedia*. **Behaviour**, v. 143, n. 4, p. 405–424, 2006.
- COPE, E. D. 1862. Catalogues of the reptiles obtained during the explorations of the Parana, Paraguay, Vermejo and Uruguay Rivers, by Capt. Thos. J. Page, U.S.N.; and of those procured

by Lieut. N. Michler, U.S. Top. Eng., Commander of the Expedition conducting the survey of the Atrato River. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, 14:346–359.

DE LACERDA, J. V. A.; BILATE, M.; FEIO, R. N. Advertisement call of *Sphaenorhynchus mirim* Caramaschi, Almeida and Gasparini, 2009, (Anura: Hylidae). **South American Journal of Herpetology**, v. 6, n. 3, p. 211–214, 2011.

DICKERSON, M. C. **The Frog Book: North American toads and frogs, with study of the habits and life histories of those of the northeastern states**. New York, NY: Doubleday, Page & Company, 1906.

DONNELLY, M. A.; GUYER, C. Patterns of reproduction and habitat use in an assemblage of Neotropical hylid frogs. **Oecologia**, v. 98, n. 3–4, p. 291–302, ago. 1994.

DUARTE, M. H. L. *et al.* A natural orchestra: how are anuran choruses formed in artificial ponds in southeast Brazil? **Amphibia-Reptilia**, v. 40, n. 3, p. 373–382, 2019.

FARINA, A.; CERAULO, M. The Acoustic Chorus and its Ecological Significance. In: FARINA, A.; GAGE, S. H. (Orgs.). **Ecoacoustics**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2017. p. 81–94.

FILICIOTTO, F. *et al.* Underwater acoustic communication during the mating behaviour of the semi-terrestrial crab *Neohelice granulata*. **The Science of Nature**, v. 106, n. 7–8, p. 35, ago. 2019.

FISHER, J. 1954. Evolution and bird sociality. In: HUXLEY, J.; HARDY, A. C.; FORD, E. B. (Eds.). **Evolution as a process**. London: Allen & Unwin. p. 71–83.

FOUQUETTE JR, M. J. Effect of environmental temperatures on body temperature of aquatic-calling anurans. **Journal of Herpetology**, p. 347–352, 1980.

FROST, D. R. **Amphibian Species of the World: an Online Reference**. American Museum of Natural History, New York, USA, 2024. Disponível em: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>.

GAYOU, D. C. Effects of Temperature on the Mating Call of *Hyla versicolor*. **Copeia**, v. 1984, n. 3, p. 733–738, 1984.

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

GERHARDT, H. C. The evolution of vocalization in frogs and toads. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 293–324, 1994.

GERHARDT, H. C.; SCHUL, J. A. A quantitative analysis of behavioral selectivity for pulse rise-time in the gray treefrog, *Hyla versicolor*. **Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 185, n. 1, p. 33–40, 9 ago. 1999.

GRAFE, T. U.; THEIN, J. Energetics of calling and metabolic substrate use during prolonged exercise in the European treefrog *Hyla arborea*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 171, p. 69–76, 2001.

GÜNTHER, A. C. L. G. 1858. **Catalogue of the Batrachia Salientia in the Collection of the British Museum**. London: Taylor and Francis.

HARRIS, C. M. Absorption of sound in air versus humidity and temperature. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 40, n. 1, p. 148–159, 1966.

HIGHAM, J. P.; HEBETS, E. A. An introduction to multimodal communication. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 67, p. 1381–1388, 2013.

IUCN; Conservation International & NatureServe. **Boana albopunctata (spatial data)**. The IUCN Red List of Threatened Species, n. Version 2025-1, 2021.

JIM, J. **Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados na região de Botucatu**. São Paulo, 1980.

K. LISA YANG CENTER FOR CONSERVATION BIOACOUSTICS AT THE CORNELL LAB OF ORNITHOLOGY. **Raven Pro 1.6.5** : Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.5) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from <https://www.ravensoundsoftware.com/>, 2024.

KEEN, S. *et al.* Song in a social and sexual context: vocalizations signal identity and rank in both sexes of a cooperative breeder. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 46, 2016.

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

LADICH, F. Acoustic communication in fishes: Temperature plays a role. **Fish and Fisheries**, v. 19, n. 4, p. 598–612, jul. 2018.

LEFCHECK, J. S. piecewiseSEM: Piecewise structural equation modelling in R for ecology, evolution, and systematics. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 5, p. 573–579, 2016.

LIN, Y.-F. *et al.* Advertisement calls of *Fejervarya multistriata* (Anura: Dicroglossidae), with a review of anurans in China. **Animal Biology**, v. 70, n. 4, p. 459–481, 2020.

LLUSIA, D. *et al.* Environmental and social determinants of anuran lekking behavior: intraspecific variation in populations at thermal extremes. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 67, n. 3, p. 493–511, mar. 2013.

MÁRQUEZ, R.; BOSCH, J. Advertisement calls of the midwife toads *Alytes* (Amphibia, Anura, Discoglossidae) in continental Spain. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 33, n. 3–4, p. 185–192, 27 abr. 1995.

NARAYAN, E. J.; GRAMAPUROHIT, N. P. Urinary corticosterone metabolite responses to capture and visual elastomer tagging in the Asian toad (*Duttaphrynus melanostictus*). **Herpetological Journal**, v. 29, n. 3, 2019.

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

OSEEN, K. L.; WASSERSUG, R. J. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. **Oecologia**, v. 133, n. 4, p. 616–625, dez. 2002.

PODOS, J. A performance constraint on the evolution of trilled vocalizations in a songbird family (Passeriformes: Emberizidae). **Evolution**, v. 51, n. 2, p. 537–551, 1997.

PODOS, J. Correlated evolution of morphology and vocal signal structure in Darwin's finches. **Nature**, v. 409, n. 6817, p. 185–188, 2001.

REICHERT, M. S.; GERHARDT, H. C. Trade-Offs and Upper Limits to Signal Performance during Close-Range Vocal Competition in Gray Tree Frogs *Hyla versicolor*. **The American Naturalist**, v. 180, n. 4, p. 425–437, out. 2012.

SÁ, F. **História Natural de *Hypsiboas albopunctatus* (Anura: Hylidae) na região de Rio Claro, Estado de São Paulo**. [S.l.: S.n.], 2010.

SÁ, F. P.; ZINA, J.; HADDAD, C. F. B. Reproductive dynamics of the Neotropical treefrog *Hypsiboas albopunctatus* (Anura, Hylidae). **Journal of Herpetology**, v. 48, n. 2, p. 181–185, 2014.

SAENZ, D. *et al.* Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. **Herpetological Monographs**, v. 20, n. 1, p. 64–82, 2006.

SANBORN, A. F. Acoustic signals and temperature. In: **Insect sounds and communication**, p. 111–125, 2005.

SCHWARTZ, J. J. Male calling behavior, female discrimination and acoustic interference in the Neotropical treefrog *Hyla microcephala* under realistic acoustic conditions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 32, n. 6, p. 401–414, jun. 1993.

SCHWARTZ, J.; BUCHANAN, B.; GERHARDT, H. Acoustic interactions among male gray treefrogs, *Hyla versicolor*, in a chorus setting. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 53, n. 1, p. 9–19, 1 dez. 2002.

SCHWARTZ, J. J. *et al.* TESTS FOR CALL RESTORATION IN THE GRAY TREEFROG *HYLA VERSICOLOR*. **Bioacoustics**, v. 20, n. 1, p. 59–86, jan. 2011.

SNADDON, J. *et al.* Biodiversity technologies: tools as change agents. **Biology Letters**, v. 9, n. 1, p. 20121029, 23 fev. 2013.

STĂNESCU, F. *et al.* Older males whistle better: Age and body size are encoded in the mating calls of a nest-building amphibian (Anura: Leptodactylidae). **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, p. 1020613, 2022.

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

STEARNS, S. C. Trade-offs in life-history evolution. **Functional Ecology**, v. 3, n. 3, p. 259–268, 1989.

SULLIVAN, B. K.; HINSHAW, S. H. Female choice and selection on male calling behaviour in the grey treefrog *Hyla versicolor*. **Animal Behaviour**, v. 44, n. 4, p. 733–744, 1992.

TATTERSALL, G. J. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, Ecophysiology methods: refining the old, validating the new and developing for the future**. v. 202, p. 78–98, 1 dez. 2016.

TAYLOR, E. N. *et al.* The thermal ecology and physiology of reptiles and amphibians: A user's guide. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology**, v. 335, n. 1, p. 13–44, jan. 2021.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

TEMBROCK, G. Acoustic behaviour of mammals. In: **Acoustic behaviour of animals**, p. 751–786, 1963.

TOLEDO, L. F. *et al.* The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**, v. 18, p. 87–99, 2015.

TROSCHER, F. H. 1848. Amphibien. Pp. 645–661, in SCHOMBURGK, R. (Ed.), **Reisen in Britisch-Guiana in den Jahren 1840–44. Theil 3. Versuch einer Zusammenstellung der Fauna und Flora von Britisch-Guiana**. J. J. Weber, Leipzig.

VAN SLUYS, M. *et al.* Environmental factors affecting calling behavior of sympatric frog species at an Atlantic Rain Forest area, Southeastern Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 46, n. 1, p. 41–46, 2012.

WELLS, K. D. The social behaviour of anuran amphibians. **Animal Behaviour**, v. 25, p. 666–693, 1 ago. 1977.

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

WONG, B. B. M. *et al.* Do temperature and social environment interact to affect call rate in frogs (*Crinia signifera*)? **Austral Ecology**, v. 29, n. 2, p. 209–214, abr. 2004.

ZIEGLER, L.; ARIM, M.; BOZINOVIC, F. Intraspecific scaling in frog calls: the interplay of temperature, body size and metabolic condition. **Oecologia**, v. 181, p. 673–681, 2016.

ZWEIFEL, R. G. Effects of temperature, body size, and hybridization on mating calls of toads, *Bufo a. americanus* and *Bufo woodhousii fowleri*. **Copeia**, p. 269–285, 1968.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a temperatura corporal de *Boana albopunctata* apresente correlação positiva com a temperatura do ar, ela não exerceu efeito direto sobre os parâmetros vocais analisados. Em contrapartida, a temperatura do ar influenciou significativamente a taxa de pulsos por minuto das notas do tipo T, além de modular a estrutura espacial dos indivíduos, aumentando a distância entre vizinhos. Outros fatores ambientais, como a umidade, também afetaram a emissão vocal, reduzindo a taxa de pulsos das notas A. As interações entre parâmetros temporais do canto revelaram efeitos complexos: a taxa de pulsos teve efeito negativo sobre a duração das notas B, enquanto a taxa de chamado reduziu a taxa de pulsos das notas T, mas aumentou sua duração. A densidade de indivíduos apresentou relação negativa com a distância entre os mais próximos, corroborando padrões esperados de agregação. Assim, embora a temperatura corporal não tenha sido um fator preditivo direto, os resultados reforçam a importância de variáveis ambientais, individuais e sociais na modulação do comportamento acústico e na organização espacial de machos em contexto reprodutivo. Ressaltamos a necessidade e importância de pesquisas futuras para investigar de que modo se dá a variação da temperatura corporal dos anuros em amplitudes maiores de temperaturas do ar e de que modo diferentes microhabitats podem influenciar na emissão dos sinais acústicos sexuais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-GOMES, M.; VAN SLUYS, M.; DUARTE ROCHA, C. F. Calling activity of *Crossodactylus gaudichaudii* (Anura: Hylodidae) in an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. **Belgian Journal of Zoology**, v. 137, n. 2, p. 203, 2007.
- ANDERSSON, M. **Sexual selection**. [S.l.]: Princeton University Press, 1994. v. 72.
- ANDERSSON, M.; IWASA, Y. Sexual selection. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 11, n. 2, p. 53–58, 1 fev. 1996.
- ARAK, A. Male-male competition and mate choice in anuran amphibians. In: *Mate choice*, p. 181, 1983.
- ARCH, V. S.; NARINS, P. M. Sexual hearing: the influence of sex hormones on acoustic communication in frogs. **Hearing Research**, v. 252, n. 1–2, p. 15–20, 2009.
- ARONSON, L. R. The mating pattern of *Bufo americanus*, *Bufo fowleri* and *Bufo terrestris*. **American Museum Novitates**, v. 1250, p. 1–15, 1944.
- AZCUÉ, F. H. **Thermoregulation in Neo-Tropical Tree Frogs**. Master's Thesis—[S.l.]: The University of Manchester (United Kingdom), 2015.
- BARAQUET, M.; *et al.* Geographic variation in the advertisement call of *Hypsiboas cordobae* (Anura, Hylidae). **Acta Ethologica**, v. 18, n. 1, p. 79–86, fev. 2015.
- BEE, M. A.; PERRILL, S. A. Responses to conspecific advertisement calls in the green frog (*Rana clamitans*) and their role in male-male communication. **Behaviour**, v. 133, n. 3–4, p. 283–301, 1996.
- BEE, M. A.; REICHERT, M. S.; TUMULTY, J. Assessment and recognition of rivals in anuran contests. In: **Advances in the Study of Behavior**, [S.l.]: Elsevier, 2016. v. 48, p. 161–249.
- BEE, M.; SCHWARTZ, J. J. Calling in gray treefrog choruses: modifications and mysteries. In: **AIP Publishing**, 2013. Disponível em: <https://pubs.aip.org/asa/poma/article-abstract/19/1/010054/947844>. Acesso em: 23 set. 2024
- BEVIER, C.; *et al.* Vocal repertoire and calling activity of the mink frog, *Rana septentrionalis*. **Amphibia-Reptilia**, v. 25, n. 3, p. 255–264, 2004.
- BIONDA, C.; SALAS, N.; DI TADA, I. Variación bioacústica en poblaciones de *Physalaemus biligonigerus* (Anura: Leptodactylidae) en Córdoba, Argentina. **Rev. Esp. Herp**, v. 20, p. 95–104, 2006.
- BOTH, C.; *et al.* An austral anuran assemblage in the Neotropics: seasonal occurrence correlated with photoperiod. **Journal of Natural History**, v. 42, n. 3–4, p. 205–222, jan. 2008.

BREPSON, L.; VOITURON, Y.; LENGAGNE, T. Condition-dependent ways to manage acoustic signals under energetic constraint in a tree frog. **Behavioral Ecology**, v. 24, n. 2, p. 488–496, 1 mar. 2013.

BROOKE, P. N.; ALFORD, R. A.; SCHWARZKOPF, L. Environmental and social factors influence chorusing behaviour in a tropical frog: examining various temporal and spatial scales. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 49, n. 1, p. 79–87, 4 dez. 2000.

BROWN, L. E.; BROWN, J. R. Comparison of environmental and body temperatures as predictors of mating call parameters of spring peepers. **American Midland Naturalist**, p. 209–211, 1977.

BURT, J. M.; VEHRENCAMP, S. L. Dawn chorus as an interactive communication network. In: **Animal Communication Networks**, p. 320–343, 2005.

BYRNE, P. G.; ROBERTS, J. D. Intrasexual selection and group spawning in quacking frogs (*Crinia georgiana*). **Behavioral Ecology**, v. 15, n. 5, p. 872–882, 2004.

CALDART, V. M.; IOP, S.; CECHIN, S. Z. Social interactions in a neotropical stream frog reveal a complex repertoire of visual signals and the use of multimodal communication. **Behaviour**, v. 151, n. 6, p. 719–739, 2014.

CARVALHO JR, R. R.; GALDINO, C. A. B.; NASCIMENTO, L. B. Notes on the courtship behavior of *Aplastodiscus arildae* (Cruz & Peixoto, 1985) at an urban forest fragment in southeastern Brazil (Amphibia, Anura, Hylidae). **Arquivos do Museu Nacional**, v. 64, n. 3, p. 247–254, 2006.

CAYUELA, H.; *et al.* Females trade off the uncertainty of breeding resource suitability with male quality during mate choice in an anuran. **Animal Behaviour**, v. 123, p. 179–185, 1 jan. 2017.

CONNELL, J. H. On the Prevalence and Relative Importance of Interspecific Competition: Evidence from Field Experiments. **The American Naturalist**, v. 122, n. 5, p. 661–696, nov. 1983.

DARWIN, C. **On the origin of species: A facsimile of the first edition**. [S.l.]: Harvard University Press, 1964.

DE SOUZA, G. R.; *et al.* Multilevel analysis of acoustic variation in a *Scinax fuscomarginatus* population (Anura, Hylidae) of Central Brazil. **Herpetological Journal**, v. 33, n. 3, p. 58–67, 2023.

DELGADO, D. B.; HADDAD, C. F. B. Calling activity and vocal repertoire of *Hypsiboas prasinus* (Anura, Hylidae), a treefrog from the Atlantic Forest of Brazil. **Herpetologica**, v. 71, n. 2, p. 88–95, 2015.

DUELLEMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. [S.l.]: JHU Press, 1994.

DYSON, M. L.; REICHERT, M. S.; HALLIDAY, T. R. Contests in amphibians. In: **Animal Contests**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 228–257, 2013.

EMLEN, S. T. Lek organization and mating strategies in the bullfrog. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 1, n. 3, p. 283–313, set. 1976.

FARINA, A.; CERAULO, M. The Acoustic Chorus and its Ecological Significance. In: **Ecoacoustics**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2017. p. 81–94.

FOUQUETTE JR, M. J. Effect of environmental temperatures on body temperature of aquatic-calling anurans. **Journal of Herpetology**, p. 347–352, 1980.

GAUSE, G. F. **The struggle for existence: a classic of mathematical biology and ecology**. [S.l.]: Courier Dover Publications, 2019.

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

GERHARDT, H. C. The evolution of vocalization in frogs and toads. **Annual Review of Ecology and Systematics**, p. 293–324, 1994.

GERHARDT, H. C.; HUBER, F. **Acoustic communication in insects and anurans: common problems and diverse solutions**. [S.l.]: University of Chicago Press, 2002.

GIARETTA, A. A.; CARDOSO, A. J. Reproductive behavior of *Cycloramphus dubius* Miranda-Ribeiro (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 12, p. 233–237, 1995.

GIARETTA, A. A.; FACURE, K. G. Reproductive ecology and behavior of *Thoropa miliaris* (Spix, 1824) (Anura, Leptodactylidae, Telmatobiinae). **Biota Neotropica**, v. 4, p. 1–10, 2004.
GIASSON, L. O. M.; HADDAD, C. F. B. Mate choice and reproductive biology of *Hypsiboas albomarginatus* (Anura: Hylidae) in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v. 2, n. 3, p. 157–164, 2007.

GILLOOLY, J. F.; OPHIR, A. G. The energetic basis of acoustic communication. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1686, p. 1325–1331, 7 maio 2010.

GOTTSBERGER, B.; GRUBER, E. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, n. 3, p. 271–280, 2004.

GRAFE, T. U.; SCHMUCK, R.; LINSÉNMAIR, K. E. Reproductive Energetics of the African Reed Frogs, *Hyperolius viridiflavus* and *Hyperolius marmoratus*. **Physiological Zoology**, v. 65, n. 1, p. 153–171, jan. 1992.

GRAFE, T. U.; THEIN, J. Energetics of calling and metabolic substrate use during prolonged

exercise in the European treefrog *Hyla arborea*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 171, p. 69–76, 2001.

GRANT, R.; HALLIDAY, T.; CHADWICK, E. Amphibians' response to the lunar synodic cycle—a review of current knowledge, recommendations, and implications for conservation. **Behavioral Ecology**, v. 24, n. 1, p. 53–62, 2013.

GREGORY BYRNE, P. Strategic male calling behavior in an Australian terrestrial toadlet (*Pseudophryne bibronii*). **Copeia**, v. 2008, n. 1, p. 57–63, 2008.

HADDAD, C. F. B. Comunicação em anuros (Amphibia). **Anais de Etologia**, v. 13, p. 116–132, 1995.

HADDAD, C. F. B.; CARDOSO, A. J. Elección del macho por la hembra de *Hyla minuta* (Amphibia: Anura). **Acta zoologica lilloana**, v. 41, p. 81–91, 1992.

HADDAD, C. F. B.; POMBAL JR, J. P.; BATISTIC, R. F. Natural hybridization between diploid and tetraploid species of leaf-frogs, genus *Phyllomedusa* (Amphibia). **Journal of Herpetology**, p. 425–430, 1994.

HÖDL, W. Call differences and calling site segregation in anuran species from Central Amazonian floating meadows. **Oecologia**, v. 28, p. 351–363, 1977.

HÖDL, W.; AMÉZQUITA, A.; NARINS, P. M. The role of call frequency and the auditory papillae in phonotactic behavior in male dart-poison frogs *Epipedobates femoralis* (Dendrobatidae). **Journal of Comparative Physiology A**, v. 190, p. 823–829, 2004.

JANSEN, M.; *et al.* Asymmetric frequency shift in advertisement calls of sympatric frogs. **Amphibia-Reptilia**, v. 37, n. 2, p. 137–152, 2016.

KOBISK, A.; KWIATKOWSKI, M. A. Effects of anthropogenic light on anuran calling site. **Environmental Pollution**, v. 333, p. 122005, 15 set. 2023.

KOEHLER, J.; *et al.* The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, v. 4251, n. 1, p. 1–124, 2017.
LARDNER, B.; BIN LAKIM, M. Tree-hole frogs exploit resonance effects. **Nature**, v. 420, n. 6915, p. 475, 2002.

LESCURE, J. Le comportement social des batraciens. **Rev. Comp. Anim**, v. 2, p. 1–33, 1968.
LIMA, M. S. C. S.; *et al.* Frog vocalization is influenced by moon phases: Brazilian frogs tend to prefer low-albedo phases. **Web Ecology**, v. 21, n. 1, p. 1–13, 2021.

LITTLEJOHN, M. J. Long-Range Acoustic Communication in Anurans: An Integrated and Evolutionary Approach. In: TAYLOR, D. H.; GUTTMAN, S. I. (Orgs.). **The Reproductive Biology of Amphibians**. Boston, MA: Springer US, 1977. p. 263–294.

LODÉ, T.; *et al.* Sex-biased predation by polecats influences the mating system of frogs.

Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, v. 271, n. suppl_6, 7 dez. 2004.

LOPEZ, P. T.; *et al.* Acoustically induced call modification in the white-lipped frog, *Leptodactylus albilabris*. **Animal Behaviour**, v. 36, n. 5, p. 1295–1308, 1988.

MARTIN, W. F. Mechanics of sound production in toads of the genus *Bufo*: Passive elements. **Journal of Experimental Zoology**, v. 176, n. 3, p. 273–293, mar. 1971.

MARTIN, W. F. Evolution of vocalization in the genus *Bufo*. In: **Evolution in the genus Bufo**, v. 279, p. 309–?, 1972.

MARTINS, M.; HADDAD, C. F. B. Vocalizations and reproductive behaviour in the smith frog, *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). **Amphibia-Reptilia**, v. 9, n. 1, p. 49–60, 1988.
MARTOF, B. S.; THOMPSON JR, E. F. Reproductive behavior of the chorus frog, *Pseudacris nigrita*. **Behaviour**, p. 243–258, 1958.

MCLISTER, J. D. Physical factors affecting the cost and efficiency of sound production in the treefrog *Hyla versicolor*. **Journal of Experimental Biology**, v. 204, n. 1, p. 69–80, 2001.
MOORE, J. A.; LOFTS. **Physiology of the Amphibia Volume 2**. [S.l.]: Elsevier Science, 1964.

MORAIS, A. R.; *et al.* Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire, variability and individual discrimination. **The Herpetological Journal**, v. 22, n. 4, p. 249–257, 2012.

MOSER, C. F.; *et al.* Individual variation in the advertisement call of *Aplastodiscus albosignatus* (Anura: Hylidae) is correlated with body size and environmental temperature. **Zoologia (Curitiba)**, v. 39, p. e21008, 2022.

NARAYAN, E. J.; GRAMAPUROHIT, N. P. Urinary corticosterone metabolite responses to capture and visual elastomer tagging in the Asian toad (*Duttaphrynus melanostictus*). **Herpetological Journal**, v. 29, n. 3, 2019.

NARINS, P. M.; SMITH, S. L. Clinal variation in anuran advertisement calls: basis for acoustic isolation? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 19, n. 2, p. 135–141, jul. 1986.
NARVAES, P.; RODRIGUES, M. T. Visual communication, reproductive behavior, and home range of *Hylodes dactylocinus* (Anura, Leptodactylidae). **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 4, n. 2, p. 147–158, 2005.

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

NUNES-DE-ALMEIDA, C. H. L.; HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F. A revised classification of the amphibian reproductive modes. **Salamandra**, v. 57, n. 3, p. 413–427, 2021.

- ODENDAAL, F. J.; BULL, C. M.; TELFORD, S. R. The vocabulary of calls of *Ranidella riparia* (Anura: Leptodactylidae). **Copeia**, v. 1983, n. 2, p. 534–537, 1983.
- OSEEN, K. L.; WASSERSUG, R. J. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. **Oecologia**, v. 133, n. 4, p. 616–625, dez. 2002.
- PAILLETTE, M. Communication acoustique chez les amphibiens anoures. **J. Psychol. norm. pathol.**, v. 1, p. 327–351, 1971.
- PARRIS, K. M.; VELIK-LORD, M.; NORTH, J. M. A. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, p. 1–?, 2009.
- PATRICELLI, G. L.; *et al.* Male displays adjusted to female's response. **Nature**, v. 415, n. 6869, p. 279–280, 2002.
- PEKNY, J. E.; TODD, B. D.; POST, E. Anuran call properties as reliable indicators of environmental suitability for reproduction. **bioRxiv**, p. 2024–06, 2024.
- PICKER, M. *Xenopus laevis* (Anura: Pipidae) mating systems: a preliminary synthesis with some data on the female phonoresponse. **African Zoology**, v. 15, n. 3, p. 150–158, 1980.
- PLENDERLEITH, T. L.; *et al.* Calling phenology of a diverse amphibian assemblage in response to meteorological conditions. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, n. 5, p. 873–882, maio 2018.
- POUGH, F. H.; *et al.* Behavioral energetics. In: **Environmental physiology of the amphibians**, p. 395–436, 1992.
- PRESTWICH, K. N. The energetics of acoustic signaling in anurans and insects. **American Zoologist**, v. 34, n. 6, p. 625–643, 1994.
- RÉMY, A.; *et al.* Mediating male–male interactions: the role of the UV blue crest coloration in blue tits. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 64, n. 11, p. 1839–1847, nov. 2010.
- ROBERTSON, J. G. M. Territoriality and sexual selection in *Uperoleia rugosa* (Anura: Leptodactylidae). [S.l.]: The Australian National University (Australia), 1982.
- RYAN, M. J. **The túngara frog: a study in sexual selection and communication**. [S.l.]: University of Chicago Press, 1985.
- SANTANA, E. M.; MENDOZA-HENAO, A. M.; GOYES VALLEJOS, J. The ‘silent’ half: diversity, function and the critical knowledge gap on female frog vocalizations. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 292, n. 2047, p. 20250454, maio 2025.
- SÁ, F. de. História Natural de *Hypsiboas albopunctatus* (Anura: Hylidae) na região de Rio Claro, Estado de São Paulo. [S.l.: S.n.], 2010.

SAENZ, D.; *et al.* Abiotic correlates of anuran calling phenology: the importance of rain, temperature, and season. **Herpetological Monographs**, v. 20, n. 1, p. 64–82, 2006.

SCHWARTZ, J. J. Male Calling Behavior and Female Choice in the Neotropical Treefrog *Hyla microcephala*. **Ethology**, v. 73, n. 2, p. 116–127, 12 jan. 1986.

SCHWARTZ, J. J.; BEE, M. A. Anuran Acoustic Signal Production in Noisy Environments. In: BRUMM, H. (Org.). **Animal Communication and Noise. Animal Signals and Communication**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, v. 2, p. 91–132, 2013.

SCHWARTZ, J. J.; BUCHANAN, B. W.; GERHARDT, H. Acoustic interactions among male gray treefrogs, *Hyla versicolor*, in a chorus setting. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 53, p. 9–19, 2002.

SCHWARTZ, J. J.; RESSEL, S. J.; BEVIER, C. R. Carbohydrate and calling: depletion of muscle glycogen and the chorusing dynamics of the neotropical treefrog *Hyla microcephala*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 37, p. 125–135, 1995.

SEBEOK, T. A. Communication in Amphibians and Reptiles. In: **How animals communicate**, p. 519–544, 1977.

SEGALLA, M. V.; *et al.* List of Brazilian amphibians. **Herpetologia Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 121–216, 2021.

STARNBERGER, I.; PREININGER, D.; HÖDL, W. From uni- to multimodality: towards an integrative view on anuran communication. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 200, n. 9, p. 777–787, 1 set. 2014.

SULLIVAN, B. K.; HINSHAW, S. H. Female choice and selection on male calling behaviour in the grey treefrog *Hyla versicolor*. **Animal Behaviour**, v. 44, n. 4, p. 733–744, 1992.

TATTERSALL, G. J. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. In: **Ecophysiology methods: refining the old, validating the new and developing for the future**, v. 202, p. 78–98, 1 dez. 2016.

TAYLOR, D. **The reproductive biology of amphibians**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013.

TAYLOR, E. N.; *et al.* The thermal ecology and physiology of reptiles and amphibians: A user's guide. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology**, v. 335, n. 1, p. 13–44, jan. 2021.

TOLEDO, L. F.; *et al.* The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**, v. 18, p. 87–99, 2015.

TRAUTH, S. E.; MCCALLUM, M. L.; CARTWRIGHT, M. E. Breeding mortality in the wood frog, *Rana sylvatica* (Anura: Ranidae), from Northcentral Arkansas. **Journal of the**

Arkansas Academy of Science, v. 54, n. 1, p. 154–156, 2000.

VÁGI, B.; HETTYEY, A. Intraspecific and interspecific competition for mates: *Rana temporaria* males are effective satyrs of *Rana dalmatina* females. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 70, n. 9, p. 1477–1484, set. 2016.

VALETTI, J. A.; SALAS, N. E.; MARTINO, A. L. Bioacústica del canto de advertencia de *Ceratophrys cranwelli* (Anura: Ceratophryidae). **Revista de Biología Tropical**, v. 61, n. 1, p. 273–280, 2013.

VAN SLUYS, M.; *et al.* Environmental factors affecting calling behavior of sympatric frog species at an Atlantic Rain Forest area, Southeastern Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 46, n. 1, p. 41–46, 2012.

WAGNER, W. E. Social Correlates of Variation in Male Calling Behavior in Blanchard's Cricket Frog, *Acris crepitans blanchardi*. **Ethology**, v. 82, n. 1, p. 27–45, 12 jan. 1989.

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

WELLS, K. D.; GREER, B. J. Vocal responses to conspecific calls in a neotropical hyloid frog, *Hyla ebraccata*. **Copeia**, p. 615–624, 1981.

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

WELLS, K. D.; TAIGEN, T. L. The effect of social interactions on calling energetics in the gray treefrog (*Hyla versicolor*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 19, p. 9–18, 1986.

WELLS, K. D. **The ecology and behavior of amphibians**. [S.l.]: University of Chicago Press, 2007.

WILEY, R. H.; POSTON, J. Perspective: Indirect mate choice, competition for mates, and coevolution of the sexes. **Evolution**, v. 50, n. 4, p. 1371–1381, ago. 1996.

ZIEGLER, L.; ARIM, M.; BOZINOVIC, F. Intraspecific scaling in frog calls: the interplay of temperature, body size and metabolic condition. **Oecologia**, v. 181, p. 673–681, 2016.