



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO - PPGE
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

JEFFERSON SENNA NUNES DE MOURA

DESVENDANDO OS GRITOS DE AGONIA DE *SCINAX* (AMPHIBIA: HYLIDAE) EM
RESPOSTA AO ATAQUE DE PREDADORES NATURAIS

MOSSORÓ
2026

JEFFERSON SENNA NUNES DE MOURA

DESVENDANDO OS GRITOS DE AGONIA DE *SCINAX* (AMPHIBIA: HYLIDAE) EM
RESPOSTA AO ATAQUE DE PREDADORES NATURAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Orientador: Prof. Dr. Daniel Cunha Passos

MOSSORÓ

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M929d Moura, Jefferson Senna Nunes de.
Desvendando os gritos de agonia de Scinax
(Amphibia: Hylidae) em resposta ao ataque de
predadores naturais / Jefferson Senna Nunes de
Moura. - 2026.
23 f. : il.

Orientador: Daniel Cunha Passos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2026.

1. Canto defensivo. 2. Comunicação. 3.
Bioacústica. 4. Interação predador-presa. 5. Sinal
acústico. I. Passos, Daniel Cunha, orient. II.
Titulo.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFRSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JEFFERSON SENNA NUNES DE MOURA

DESVENDANDO OS GRITOS DE AGONIA DE *SCINAX* (AMPHIBIA: HYLIDAE) EM
RESPOSTA AO ATAQUE DE PREDADORES NATURAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 26 / 02 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Daniel Cunha Passos, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Milena Wachlevski Machado, Prof.^a Dr.^a (UFERSA)
Membro Examinador

Giordano Gubert Viola, Prof. Dr. (IFRN)
Membro Examinador

Airton Torres Carvalho, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram, direto ou indiretamente, para a realização deste trabalho, registro meus sinceros agradecimentos. O desenvolvimento desta pesquisa envolveu diversos desafios, e cada apoio recebido foi fundamental ao longo de toda a trajetória.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LECA), agradeço pela infraestrutura e pelos recursos disponibilizados, que possibilitaram a execução deste estudo.

À minha família, pelo apoio ao longo de toda a minha formação acadêmica. Em especial, à minha mãe, Maria Elizete, pelo suporte contínuo, incentivo e contribuição indispensável para a realização deste mestrado. À minha tia Elizoneide, à minha prima Raquel Nunes e ao amigo Matheus Almeida, pela colaboração com a coleta de anuros para a realização desse trabalho. Às minhas irmãs, Gislâiny Sabrina e Gislaide Nunes, pelo incentivo constante e por serem pilares importantes na construção do profissional que me tornei. A Gustavo Ramos, pelo companheirismo, noites mal dormidas e motivação durante essa caminhada.

Aos amigos Ana Larissa, Rafael Dantas, Laianny Monteiro e Mateus Alencar, que desde a graduação acompanham minha trajetória e contribuíram, de diferentes formas, para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos membros das bancas de qualificação, Giordano Viola e Leonardo França, e defesa, Milena Wachlevski e Giordano viola, agradeço pela disponibilidade em participar e pelas contribuições relevantes para o aprimoramento deste trabalho.

Aos professores Daniel Passos e Milena Wachlevski, pela orientação, dedicação e pelos ensinamentos fundamentais à minha formação acadêmica. Ao meu orientador Daniel, pela orientação desde a iniciação científica e pelas contribuições essenciais ao longo da graduação e do mestrado. À professora Milena, pelos conhecimentos compartilhados na área de ecologia e comportamento de anfíbios, bem como pelas orientações e capacitações em bioacústica, fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, agradeço aos colaboradores, em especial àqueles que contribuíram com informações sobre a ocorrência e localização das serpentes envolvidas neste trabalho, e a todos os membros do LECA. Em destaque Pamella Soares, Graziella Macêdo, Maria Eduarda, Alice Almeida e Filipe Costa pela ajuda indispensável no desenvolvimento deste trabalho, bem como pelos momentos de descontração e pela amizade construída, que tornaram essa jornada ainda mais leve e significativa.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 ÁREA E MODELOS DE ESTUDO.....	10
2.2 COLETA DE DADOS	11
2.3 ANÁLISE DE DADOS	12
3. RESULTADOS	12
3.1 DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS	13
3.2 INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPÓREO NO CANTO DEFENSIVO PADRÃO	16
3.3 INFLUÊNCIA DA ESCUTA PRÉVIA NA PROPENSÃO PARA EMITIR CANTOS DEFENSIVOS	17
3.4 COMPARAÇÃO DO CANTO DEFENSIVO PADRÃO ENTRE OS TRATAMENTOS	17
4. DISCUSSÃO	18
4.1 CANTO DEFENSIVO EM <i>SCINAX X-SIGNATUS</i>	18
4.2 INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPÓREO NOS PARAMETROS ACÚSTICOS DO CANTO.....	19
4.3 COMUNICAÇÃO SOCIAL E EVENTUAL PAPEL DE ALARME.....	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

Desvendando os gritos de agonia de *Scinax* (Amphibia: Hylidae) em resposta ao ataque de predadores naturais

MOURA, J.S.N.^{1, 2}; PASSOS, D. C.^{1, 2}.

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Rua: Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, 59625-900 – Mossoró, RN, Brasil.

²Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal - LECA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Rua: Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, 59625-900 – Mossoró, RN, Brasil.

RESUMO

A vocalização é um dos principais meios de comunicação dos anuros e pode ser classificada em três categorias principais: reprodutiva, agressiva e defensiva. Entre os cantos defensivos, destacam-se os de alerta, alarme e agonia, sendo este último geralmente emitido durante a subjugação por predadores. Devido à sua brevidade e ao contexto específico de emissão, esses cantos são mais difíceis de registrar na natureza. Embora o número de descrições de cantos defensivos de anuros tenha crescido, evidências empíricas de sua significância adaptativa ainda são raras. Neste estudo, buscamos descrever bioacusticamente o canto defensivo de *Scinax x-signatus*, relacionar a influência do tamanho corporal sobre seus parâmetros acústicos, avaliar o efeito da exposição prévia ao canto defensivo de co-específicos na propensão à vocalização em contextos predatórios, e comparar o perfil sonoro dos cantos defensivos emitidos por indivíduos que ouviram previamente cantos de co-específicos com aqueles de indivíduos que não ouviram. Para isso, foram utilizados indivíduos coletados no município de Mossoró, expostos experimentalmente a interações com a serpente anurófaga *Erythrolamprus viridis*, predador natural da espécie. Os ensaios foram divididos em dois grupos: com e sem estimulação acústica prévia. No total, 139 indivíduos foram submetidos a experimentação, das quais 48 foram analisados no grupo sem estímulo e 91 no grupo com estímulo. Os cantos defensivos de *Scinax x-signatus* são formados por notas simples, com diferentes modulações de frequência e presença de harmônicos. O comprimento rostro-cloacal influenciou positivamente a duração e o número de harmônicos, mas não foi relacionado com nenhum outro parâmetro acústico. Os indivíduos que foram expostos ao estímulo acústico antes da predação, emitiram mais cantos defensivos, mas não houve diferença na propensão de emissão dos cantos. Embora não tenha sido detectada influência da exposição prévia ao estímulo na probabilidade de emissão de cantos defensivos, os indivíduos expostos ao estímulo acústico apresentaram maior número de emissões por indivíduo. Além disso, parâmetros acústicos como frequência fundamental, frequência dominante e amplitude de frequência diferiram entre os tratamentos. Então além de descrever um canto defensivo para o gênero *Scinax*, os resultados deste trabalho sugerem que os indivíduos de *S. x-signatus* são capazes de reconhecer o canto defensivo de co-específicos e modular a quantidade e a estrutura dos cantos defensivos produzidos. Estes achados sugerem que o canto defensivo de *S. x-signatus* pode desempenhar função de alarme, primariamente sinalizando a presença de um predador para co-específicos e, de forma secundária, o aumento da ameaça imposto por ele.

Palavras-chave: Canto defensivo; Comunicação; Bioacústica; Interação predador-presa; Sinal acústico.

ABSTRACT

Vocalization is the primary means of communication in anurans and can be classified into three main categories: reproductive, aggressive, and defensive. Among defensive calls, alert, alarm, and distress calls are recognized, with the latter typically emitted during subjugation by predators. Due to their brevity and the specific context in which they are produced, these calls are more difficult to record in natural settings. Although the number of descriptions of defensive calls in anurans has increased, empirical evidence of their adaptive significance remains scarce. In this study, we aimed to bioacoustically describe the defensive call of *Scinax x-signatus*, assess the influence of body size on its acoustic parameters, evaluate the effect of prior exposure to conspecific defensive calls on the propensity to vocalize in predatory contexts, and compare the acoustic profile of defensive calls emitted by individuals previously exposed to conspecific calls with those of individuals not previously exposed. To this end, individuals collected in the municipality of Mossoró were experimentally exposed to interactions with the anurophagous snake *Erythrolamprus viridis*, a natural predator of the species. The trials were divided into two groups: with and without prior acoustic stimulation. In total, 139 individuals were subjected to experimentation, of which 48 were analyzed in the non-stimulated group and 91 in the stimulated group. The defensive calls of *Scinax x-signatus* consisted of simple notes, with frequency modulation and the presence of harmonics. Snout–vent length positively influenced call duration and the number of harmonics, but was not related to any other acoustic parameter. Although no effect of prior acoustic exposure was detected on the probability of emitting defensive calls, individuals exposed to the acoustic stimulus showed a higher number of call emissions per individual. Additionally, acoustic parameters such as fundamental frequency, dominant frequency, and frequency bandwidth differed among treatments. Therefore, besides describing a defensive call for the genus *Scinax*, the results of this study suggest that individuals of *Scinax x-signatus* are capable of recognizing the defensive calls of conspecifics and modulating both the quantity and structure of the defensive calls produced. These findings suggest that the defensive call of *S. x-signatus* may function as an alarm signal, primarily informing conspecifics of predator presence and secondarily indicating the increased level of threat imposed by the predator.

Keywords: Defensive call; Communication; Bioacoustics; Predator–prey interaction; Acoustic signal.

1. INTRODUÇÃO

A vocalização em anuros tem sido considerada o principal meio de comunicação, podendo ser emitida em diferentes contextos sociais e com funções específicas (WELLS, 2007; VITT & CALDWELL, 2014). Com base nisso, as vocalizações dos anuros podem ser classificadas em três categorias principais: cantos reprodutivos, agressivos ou defensivos (TOLEDO *et al.*, 2014; KOHLER *et al.*, 2017). Nestas categorias, os tipos mais comuns são os cantos de anúncio ("*advertisement calls*") que são emitidos majoritariamente por machos para atrair fêmeas reprodutivas (e. g. GUERRA *et al.*, 2018b), os cantos de luta ("*fighting calls*") utilizados durante embates físicos entre machos rivais (e.g. BRASILEIRO *et al.*, 2020), e os cantos de agonia ("*distress calls*"), que podem ser emitidos por adultos e jovens de ambos os sexos em contextos anti-predatórios (TOLEDO *et al.*, 2009).

Os cantos defensivos são usualmente caracterizados como gritos agudos, dada sua alta energia e frequência (BOGERT, 1960; DUELLMAN & TRUEB, 1994). Dependendo das suas funções, estes cantos podem ser classificados em três subcategorias (TOLEDO *et al.*, 2014; KOHLER *et al.*, 2017): 1) cantos de alerta ("*warning calls*") que sinalizam o potencial de perigo do anuro a um iminente predador; 2) cantos de alarme ("*alarm calls*") que informam co-específicos sobre a presença de um potencial predador nas proximidades; e 3) cantos de agonia ("*distress calls*") cuja finalidade mais provável é de surpreender o predador, distraindo sua atenção e reduzindo as chances de ser predado. De modo geral, enquanto os cantos de alerta e cantos de alarme são emitidos antes de serem capturados, os cantos de agonia usualmente são emitidos enquanto subjugados por seus predadores (TOLEDO *et al.*, 2014).

Devido aos contextos particulares em que ocorrem e a brevidade das emissões, os cantos defensivos são geralmente mais difíceis de serem registrados na natureza quando comparados aos cantos reprodutivos (TOLEDO *et al.*, 2014; KOHLER *et al.*, 2017). Por exemplo, quando cantos de agonia são flagrados na natureza, os anuros normalmente estão sendo capturados por predadores naturais (SAZIMA, 1975; TOLEDO *et al.*, 2009). Mas, recentemente tem crescido o número de descrições de cantos de agonia tendo como estímulo a manipulação por pesquisadores (e.g. GUERRA *et al.*, 2018a; DURANGO, 2024). Contudo, a maioria destas descrições é baseada nas emissões de um único ou poucos indivíduos e o estímulo de manipulação eventualmente pode elicitar outros tipos de vocalizações, motivo pelo qual estes trabalhos devem ser interpretados com cautela. O conhecimento acumulado revela que os cantos de agonia são geralmente emitidos com a boca aberta, apresentam vasta amplitude de frequências e possuem elevado sinal filogenético, sendo relativamente conservados entre diferentes espécies (BOGERT, 1960; FORTI *et al.*, 2018).

Toledo e Haddad (2009) sugerem que o tamanho corporal dos anuros pode estar associado ao sucesso de estratégias acústicas defensivas. Segundo esses autores, o comprimento rostro-cloacal apresenta correlação positiva com a duração do canto de agonia, uma vez que, quanto maior o indivíduo, maiores são seus pulmões e, consequentemente, maior é o volume de ar que pode ser armazenado, possibilitando a emissão de vocalizações

mais longas. Ainda assim, embora a maioria dos anuros apresentem potencial para emitir cantos de agonia, este tipo de canto permanece desconhecido para maioria das espécies (KOHLENER *et al.*, 2017).

Se por um lado, o número de descrições de cantos de agonia de anuros tem crescido nas últimas décadas, evidências empíricas de sua significância adaptativa ainda são raras (e.g. LEARY & RAZAFINDRATSITA, 1998; HOPKINS & FOLT, 2019). Por exemplo, já foi demonstrado que os gritos de agonia de *Lithobates pipiens* podem atrair diferentes predadores secundários que podem beneficiar o indivíduo que está sendo predado (SCHUETT & GILLIGAN, 1990), mas também já se evidenciou que cantos de agonia de *Leptodactylus savagei* induzem a fuga de co-específicos (HOPKINS & FOLT, 2019). Ou seja, além da escassez de estudos experimentais, as evidências acumuladas não são consensuais sobre o papel funcional dos cantos de agonia de anuros.

Nesta pesquisa, buscamos contribuir com o entendimento sobre os cantos defensivos em anuros, através do preenchimento de lacunas de conhecimento taxonômicas e comportamentais. Especificamente, iremos: 1) caracterizar bioacusticamente o canto defensivo de *Scinax x-signatus*; 2) avaliar a influência do tamanho do corpo dos emissores sobre os atributos do canto defensivo; 3) investigar o efeito da audição prévia de vocalizações defensivas da própria espécie sobre a propensão dos indivíduos a vocalizarem em contextos predatórios; e 4) comparar os parâmetros vocais dos cantos defensivos emitidos entre indivíduos que receberam estimulação acústica prévia e aqueles que não foram estimulados. Esperamos com isso, fornecer de forma inédita a descrição bioacústica do canto defensivo de *S. x-signatus*, bem como que o tamanho corpóreo influencie diferentemente os vários parâmetros descritores do canto de agonia. Por exemplo, é previsto que o tamanho corpóreo seja positivamente relacionado com parâmetros como a duração do canto, mas negativamente relacionado a parâmetros como a frequência dominante. Além disso, esperamos que a audição prévia do canto de agonia de co-específicos aumente a propensão dos indivíduos de emitirem cantos defensivos. Por fim, esperamos que os cantos emitidos após estimulação acústica com cantos de agonia de co-específicos difiram daqueles cantos emitidos por indivíduos que não foram previamente estimulados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA E MODELOS DE ESTUDO

Os espécimes utilizados neste estudo foram provenientes do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. As coletas foram vinculadas à licença de coleta do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (#57169). A espécie-modelo de anuro desta pesquisa foi a *Scinax x-signatus* (SPIX, 1824), conhecida popularmente como Rãzinha de Banheiro. Esta espécie de pequeno porte (CRC máximo de 44,3 mm) pertence à família Hylidae, é amplamente distribuída na América do Sul e é muito abundante onde ocorre, sendo tolerante a ambientes antrópicos (RODRIGUES *et al.*, 2010 e

SILVA, 2011). Apresenta hábitos noturnos e se reproduz de forma contínua, durante todo o ano, porém com um pico na estação chuvosa, vocalizando nas proximidades de corpos d'água (MAGALHÃES-JUNIOR, 2009). A espécie-modelo de predador natural utilizada para estimular os cantos defensivos de *Scinax x-signatus*, foi a serpente *Erythrolamprus viridis* (GÜNTHER, 1862), conhecida popularmente como Cobra-Verde (GONZALEZ *et al.*, 2020). Esta espécie de médio porte (CRC médio = 344,61 mm) pertence à família Dipsadidae, ocorre exclusivamente no domínio Caatinga e é relativamente comum na natureza, aparecendo com frequência em ambientes próximos a corpos d'água (MESQUITA *et al.*, 2013). Apresenta hábito anurófago, sendo especialista na predação de anfíbios (VITT, 1983).

2.2 COLETA DE DADOS

Os indivíduos de *S. x-signatus* e *E. viridis* foram capturados manualmente através de buscas ativas nas proximidades de corpos d'água e transportados vivos para o Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal - LECA da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Cada indivíduo teve seu tamanho corpóreo mensurado logo após a coleta através do comprimento rostro-cloacal com um paquímetro (resolução de 0,1 mm). Em seguida, os indivíduos de *E. viridis* foram mantidos em cativeiro no laboratório anexo do Centro de Multiplicação de Animais Silvestres – CEMAS da UFERSA, por um período máximo de cinco dias, a fim de evitar condicionamento. Posteriormente, foram devolvidos à natureza nos locais de captura. Ao todo, foram utilizados 15 espécimes de *E. viridis*, mantidos em recintos constituídos por terrários de vidro (espessura 4 mm), com dimensões (40 cm X 35 cm X 30 cm), enriquecidos ambientalmente com substratos naturais como areia, folhço e galhos. Os procedimentos realizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFERSA (Parecer 20/2025 CEUA-UFERSA).

Os ensaios de predação, que consistiram na oferta de indivíduos de *S. x-signatus* para espécimes de *E. viridis* a cada dois dias, foram divididos em dois grupos experimentais. Em um tratamento (sem estímulo) os indivíduos foram submetidos à predação sem estimulação acústica prévia, e em outro tratamento (com estímulo) os indivíduos de *S. x-signatus* foram previamente submetidos à escuta de cantos defensivos de co-específicos antes da predação. Ressalta-se que as mesmas serpentes foram utilizadas em ambos os tratamentos. O estímulo sonoro utilizado para o segundo tratamento consistiu em uma faixa dos 30 s iniciais, contendo 8 cantos defensivos de *S. x-signatus*, obtidos na primeira gravação do primeiro tratamento. A reprodução do estímulo sonoro foi realizada com smartphone da Apple (Iphone 7), em volume máximo (nível 15), a uma distância de 30 cm do terrário.

Durante os ensaios de predação, realizamos gravações dos cantos defensivos emitidos, utilizando um gravador Marantz PMD661 e um microfone unidirecional Sennheiser ME67. As gravações tiveram início no momento do bote do predador e foram finalizadas quando os anuros eram completamente deglutidos. As vocalizações defensivas foram descritas utilizando apenas os indivíduos que foram gravados sem estímulo e foram caracterizadas quanto a duração do canto (em s), o intervalo entre cantos (em s), a frequência fundamental

(em Hz), a frequência dominante (em Hz), a amplitude de frequências (90% em Hz), a presença de reverberações em faixas ultrassônicas (em Hz), a presença e número de harmônicos, a presença de sub-harmônicos, além da presença e tipo de modulação de frequência. Todas as variáveis foram coletadas através do programa Raven Pro.1.6.1 (Center for Conservation Bioacoustics 2019). Amostras das vocalizações foram depositadas na Coleção Audiovisual do Semi-Árido da UFERSA (CASA 617 – CASA 673).

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Antes da execução das análises, nós testamos os dados para o atendimento das premissas de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Levene) para o uso de testes paramétricos. Para avaliar a influência do tamanho corpóreo (variável preditora) sobre os parâmetros acústicos dos cantos de agonia (log variáveis resposta + 1), utilizamos regressões lineares simples. Para testar a influência da audição prévia de co-específicos (variável preditora) sobre a propensão de vocalizar (variável resposta), utilizamos teste de chi-quadrado.

Para testar a influência da audição prévia de co-específicos (variável preditora) sobre a quantidade de cantos emitidos (variável resposta), utilizamos teste t de Student. Para comparar os cantos emitidos entre os grupos experimentais, utilizamos teste t de Student e testes de Mann-Whitney-Wilcoxon, de acordo com a distribuição dos dados. Para essa análise, foram selecionados aleatoriamente 15 indivíduos do grupo submetido ao estímulo, por meio de sorteio realizado no Excel. Todas as análises estatísticas foram conduzidas em ambiente R (R Core Team 2024). Para construção dos oscilogramas e espectrogramas dos cantos defensivos, utilizamos o pacote 'seewave' (Sueur *et al.* 2008), com janela do tipo *Hanning*, valores de FFT de 512 e sobreposição de 75%.

3. RESULTADOS

Um total de 139 indivíduos de *Scinax x-signatus* foram predados por *E. viridis*. Destes, 48 anuros (35%) não foram submetidos ao estímulo da gravação do canto defensivo antes da predação, enquanto 91 (65%) ouviram cantos defensivos de co-específicos antes da predação. Cinquenta e oito indivíduos (42%) emitiram cantos defensivos durante a predação, 15 anuros sem estímulo prévio e 43 indivíduos que escutaram previamente o canto defensivo co-específicos. Daqueles que não vocalizaram (81 indivíduos), 38 foram capturados e ingeridos primeiro pela cabeça da presa, enquanto os demais, 43 foram capturados e ingeridos pelos membros posteriores.

3.1 DESCRIÇÃO DOS CANTOS DEFENSIVOS

As vocalizações defensivas de *Scinax x-signatus* (n = 99 cantos, 15 indivíduos) são constituídas por notas simples, apesar da modulação e frequência ser variável, os cantos sempre possuíram modulação de frequência e presença de harmônicos. As vocalizações foram produzidas com grau variado de abertura bucal, variando de 1 a 26 emissões por indivíduo, emitidas a uma taxa de repetição média de 3 cantos por minuto.

A maioria dos cantos defensivos (n = 70; 71%) apresentou um aspecto sonoro bem característico, similar a um “grito” agudo ao ouvido humano, daqui em diante tratadas como o canto defensivo “padrão” de *S. x-signatus* (Figura 1). Este canto apresentou em média 0,37 s de duração, 8,5 s de intervalo entre cantos, frequência fundamental média de 1226 Hz, frequência dominante de 7860 Hz, amplitude de frequência de 5862 Hz e uma moda de 11 harmônicos. A maioria (n = 64; 91%) destas emissões reverberou para faixas de frequência ultrassônicas e uma minoria (n = 5; 7%) apresentou elementos sub-harmônicos. A modulação de frequência nas notas do canto “padrão” foram de três diferentes tipos, a saber: sino (n = 29; 43%), sinuoso (n = 21; 31%) e sino com cauda à direita (n = 18; 26%). O tipo sino consistiu na modulação de frequência ascendente seguida de descendente, com pico na região central da nota (Figura 1a). O tipo sinuoso consistiu em consecutivas modulações de frequência ascendentes e descendentes ao longo da nota (Figura 1b). O tipo sino com cauda à direita consistiu em uma modulação ascendente mais breve seguida de uma modulação descendente mais longa, com pico mais próximo ao início da nota (Figura 1c).

Além do canto defensivo “padrão”, também registramos outros 5 tipos de emissões menos frequentes, cada um com perfil sonoro distinto e soando diferente ao ouvido humano, que denominamos a partir daqui como cantos defensivos “atípicos” (Figura 2). O canto atípico 2 Os parâmetros acústicos dos 6 tipos de emissões defensivas de *S. x-signatus* podem ser comparados na Tabela 1.

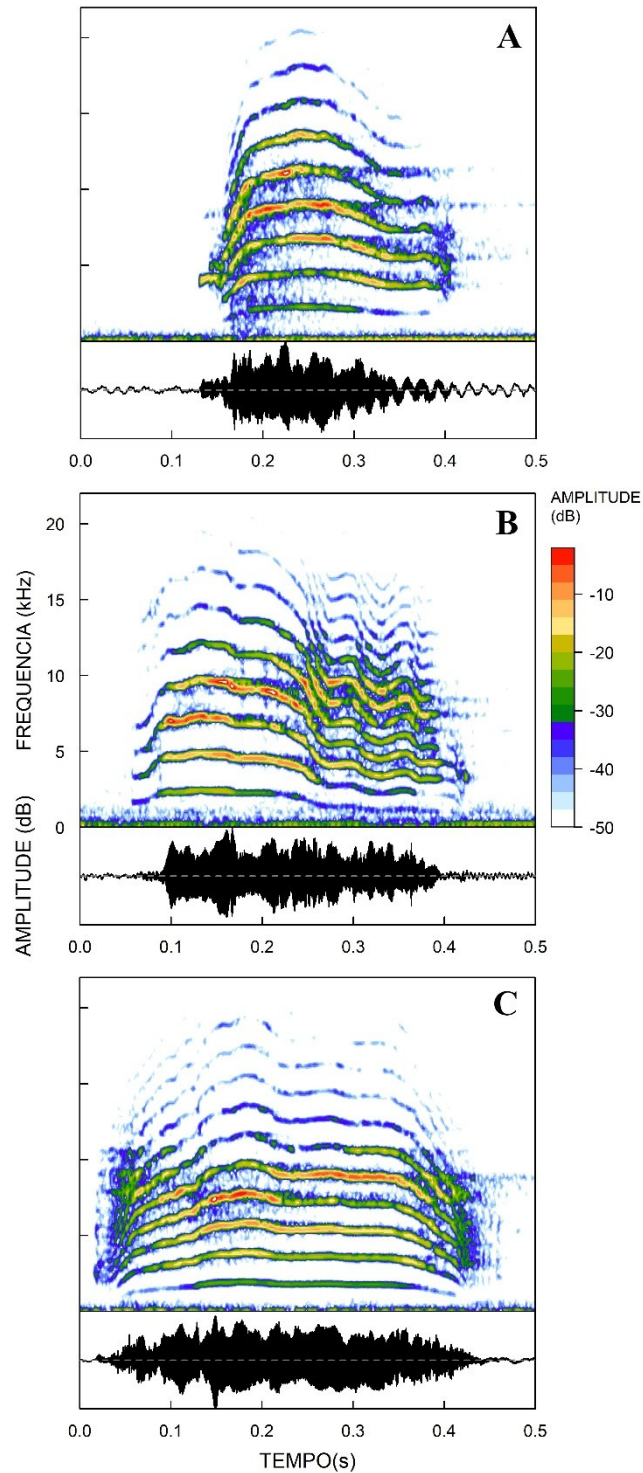


Figura 1. Espectrogramas e oscilogramas das variações do canto defensivo padrão de *Scinax x-signatus* do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. (A) canto padrão com modulação em sino, (B) canto padrão com modulação sinuosa, e (C) canto padrão com modulação em sino e cauda à direita.

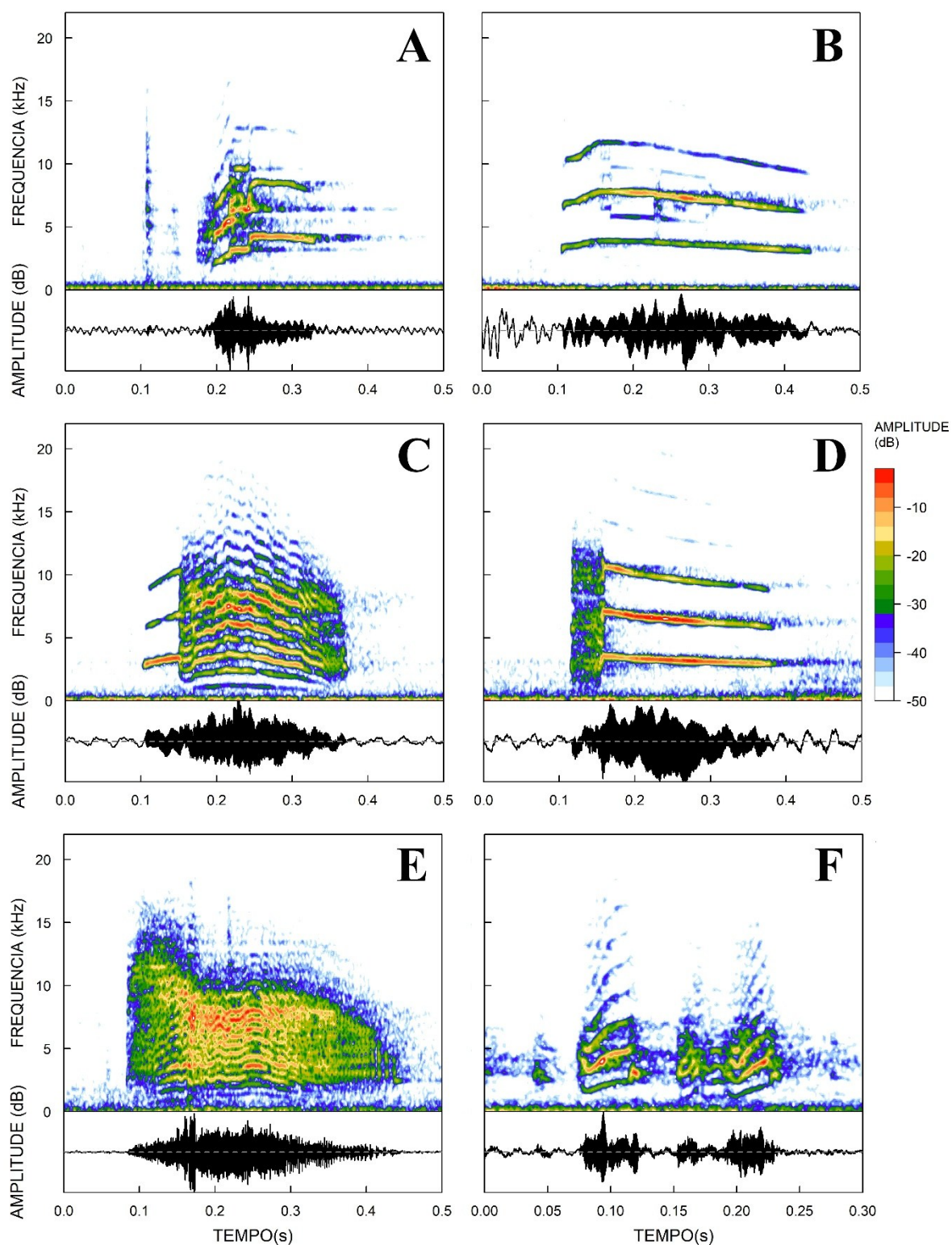


Figura 2. Espectrogramas e oscilogramas dos tipos de cantos defensivos atípicos de *Scinax x-signatus* do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. (A) canto atípico 1 com modulação ascendente, (B) canto atípico 1 com modulação de sino com cauda à direita, (C) canto atípico 2, (D) canto atípico 3, (E) canto atípico 4 e (F) canto atípico 5.

Tabela 1. Parâmetros acústicos dos cantos defensivos de *Scinax-x-signatus* (n = 15 indivíduos) do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. As estatísticas descritivas sintetizam uma amostra de 99 cantos defensivos e são apresentadas como média $\pm$ um desvio padrão (mínimo e máximo).

Tipo	N (%)	Duração (s)	Frequência Fundamental (Hz)	Frequência Dominante (Hz)	Amplitude de Frequência 90% (Hz)	Número de harmônicos	Cantos com subharmônicos (%)	Cantos ultrassônicos (%)
Padrão	70 (71%)	0.366 $\pm$ 0.212 (0.066 – 1.132)	1226.6 $\pm$ 474.1 (594 – 2623)	7860 $\pm$ 2341.5 (2693 – 13372)	5862.2 $\pm$ 1645.2 (947.5 – 11025)	10.1 $\pm$ 2.3 (5 - 16)	7	91
Atípico 1	20 (20%)	0.189 $\pm$ 0.084 (0.039 - 0.343)	2403.0 $\pm$ 635.5 (1080 – 3221)	5777 $\pm$ 1814.2 (3202 – 9406)	4276.5 $\pm$ 1619.9 (258.4 – 7321.3)	5.8 $\pm$ 1.8 (3 - 11)	25	60
Atípico 2	5 (5%)	0.371 $\pm$ 0.058 (0.286 - 0.430)	795.6 $\pm$ 80.3 (682 – 852)	7259 $\pm$ 590.3 (6568 – 8205)	5065 $\pm$ 1220.2 (3876 – 7063)	6 $\pm$ 1.7 (5 - 9)	0	80
Atípico 3	2 (2%)	0.293 $\pm$ 0.035 (0.268 - 0.319)	1632.4 $\pm$ 1263.7 (738.8 - 2526)	5776 $\pm$ 2432.4 (4056 - 7496)	6331 $\pm$ 1157.1 (5512 - 7149)	10 $\pm$ 8.4 (4 - 16)	50	0
Atípico 4	1 (1%)	0.360	517.6	7405	5943	11	0	100
Atípico 5	1 (1%)	0.166	1009.0	3984	2239	2	0	100

3.2 INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPÓREO NO CANTO DEFENSIVO PADRÃO

O tamanho corpóreo de *Scinax x-signatus* não diferiu entre os grupos experimentais (t de Student - $t = 1,71$; $gl = 28$; $P = 0,10$). Os 15 indivíduos do tratamento sem estímulo tinham em média $30,6 \pm 4,9$ mm de comprimento rostro-cloacal e os do tratamento com estímulo possuíam $27,9 \pm 3,3$ mm.

Tendo como referência os cantos defensivos padrão do tratamento sem estímulo ($n = 70$), a duração (Regressão Simples: $F_{1,66} = 18,95$; $P < 0,01$; Figura 4a) e o número de harmônicos (Regressão Simples: $F_{1,66} = 12,44$; $P < 0,01$; Figura 4b) dos cantos defensivos padrão foi positivamente influenciada pelo comprimento rostro-cloacal dos emissores. Não houve relação entre nenhum outro parâmetro acústico do canto defensivo padrão e o tamanho corpóreo: intervalo entre cantos (Regressão Simples: $F_{1,54} = 0,01$; $P = 0,59$), frequência fundamental (Regressão Simples: $F_{1,66} = 3,83$; $P = 0,06$), frequência dominante (Regressão Simples: $F_{1,66} = 0,37$; $P = 0,54$) e amplitude de frequência (Regressão Simples: $F_{1,65} = 0,37$; $P = 0,55$).

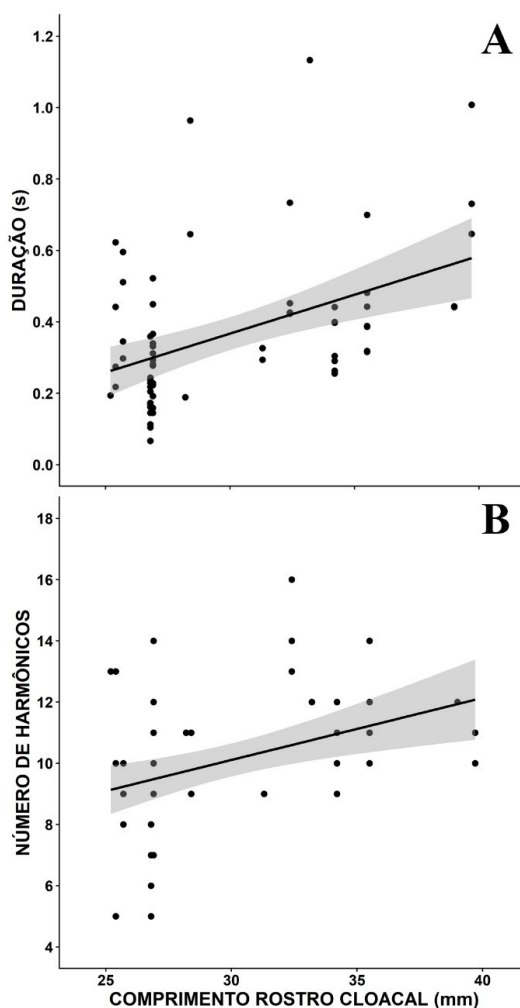


Figura 4. Relações significativas dos parâmetros acústicos do canto defensivo padrão de *Scinax x-signatus* do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil com o

tamanho corpóreo dos indivíduos emissores. Os intervalos de confiança de 95% dos modelos lineares são representados em cinza.

3.3 INFLUÊNCIA DA ESCUTA PRÉVIA NA PROPENSÃO PARA EMITIR CANTOS DEFENSIVOS

Com base em uma amostra de 15 indivíduos de cada grupo experimental, a porcentagem de indivíduos que vocalizaram foi de 35% no tratamento sem estímulo e de 45% no com estímulo (35%), mas não houve diferença de propensão à emissão de cantos defensivos com a presença de estímulo de *playback* (chi-quadrado - $X^2 = 1,2$; $P = 0,29$). A porcentagem de indivíduos capturados pela cabeça também não diferiu entre os tratamentos (chi-quadrado - $X^2 = 1,8$; $P = 0,20$), sendo de 29% no grupo sem estímulo e de 41% no grupo com estímulo.

Ao todo, estes 30 indivíduos selecionados emitiram 203 cantos defensivos, 102 (50,2%) no tratamento sem estímulo e 101 (49,8%) no tratamento com estímulo. O número de emissões por indivíduo diferiu entre os grupos experimentais (t de Student - $t = -3,1$; $gl = 25$; $P < 0,01$; Figura 3a), sendo em média, maior no tratamento com estímulo (6,7 cantos por indivíduo) do que no tratamento sem estímulo (3,3 cantos por indivíduo).

3.4 COMPARAÇÃO DO CANTO DEFENSIVO PADRÃO ENTRE OS TRATAMENTOS

Em relação aos cantos padrão, os 30 indivíduos selecionados emitiram 160 cantos padrão, que representam 78,8% de todos os cantos emitidos por estes indivíduos. Os 15 indivíduos do tratamento sem estímulo emitiram 70 (68,6% dos cantos do grupo) cantos padrão, enquanto os 15 indivíduos do tratamento com estímulo emitiram 90 cantos padrão (89% dos cantos do grupo) e a proporção de emissão de cantos padrão diferiu entre os grupos experimentais (chi-quadrado - $X^2 = 10,6$; $P < 0,01$).

A estrutura espectral dos cantos padrão diferiu entre os grupos experimentais. A frequência fundamental no tratamento sem estímulo foi maior que a do tratamento com estímulo (Mann-Whitney-Wilcoxon - $W = 3601$; $gl = 153$; $P = 0,02$; Figura 3b). Já a frequência dominante (t de Student - $t = 2,12$; $gl = 153$; $P = 0,03$; Figura 3c) e a amplitude de frequência (Mann-Whitney-Wilcoxon - $W = 1581$; $gl = 152$; $P < 0,01$; Figura 3d) foi maior no tratamento com estímulo.

A duração (t de Student - $t = -1,83$; $gl = 153$; $P = 0,07$), o intervalo entre cantos (t de Student - $t = 0,11$; $gl = 133$; $P = 0,92$) e o número de harmônicos (t de Student - $t = -1,29$; $gl = 152$; $P = 0,20$) não diferiram entre os tratamentos.

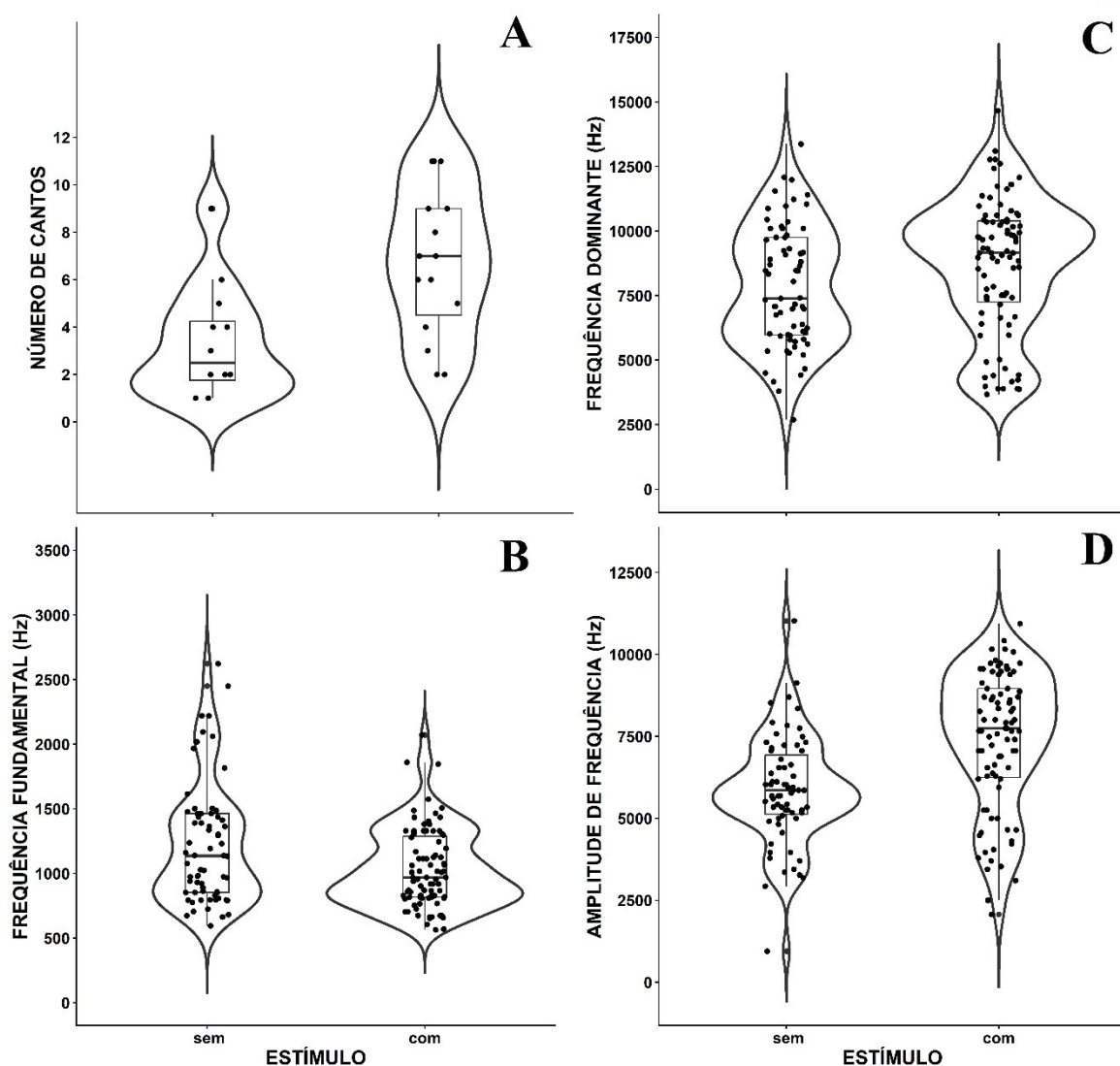


Figura 3. Comparação de parâmetros acústicos do canto defensivo padrão de *Scinax x-signatus* do município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil entre dois grupos experimentais (sem e com estímulo acústico prévio). A linha central representa a mediana; a caixa reúne 50% dos dados mais centrais; as caudas representam os valores mínimos e máximos; e os violinos representam a densidade e a simetria na distribuição dos pontos.

4. DISCUSSÃO

4.1 CANTO DEFENSIVO EM *SCINAX X-SIGNATUS*

Neste estudo, não foi possível eliciar cantos defensivos em *Scinax x-signatus* por meio de estímulos manuais, condição frequentemente utilizada para o registro desse tipo de vocalização em anuros. Esse resultado pode ajudar a explicar por que o canto defensivo do gênero *Scinax* permanece pouco conhecido na literatura (e. g. CARVALHO JR. *et al.*, 2001).

Em geral, essas vocalizações defensivas são compostas por notas simples e com presença de harmônicos, sendo registradas em espécies de diferentes famílias, como *Haddadus binotatus* (Brachycephalidae), *Ceratophrys joazeirensis* (Ceratophryidae), *Cycloramphus* sp. aff. *bolitoglossus* (Cycloramphidae), *Dendropsophus werneri* e *Boana faber* (Hylidae), *Leptodactylus fuscus* (Leptodactylidae) e *Lithobates catesbeianus* (Ranidae) (e.g. LINGNAU *et al.*, 2004; TOLEDO *et al.*, 2009; SANTANA *et al.*, 2013).

Embora diversas espécies de Hylidae, como *Boana raniceps* e *Smilisca phaeota*, possuam cantos defensivos descritos na literatura, espécies do gênero *Scinax* permanecem como exceções (GUERRA *et al.*, 2018a; DURANGO, 2024). Então a partir de um conjunto amostral mais robusto, obtido em situações que simulavam contextos predatórios mais próximos das interações naturais, descrevemos o canto defensivo de *Scinax x-signatus* que consiste em uma única nota aguda, com modulação de frequência, harmônicos e que possui variação na estrutura do canto. Esses resultados permitiram identificar um canto defensivo considerado “padrão”, bem como outros cinco tipos de emissões menos frequentes, aqui denominadas cantos defensivos “atípicos”, sugerindo um nível de complexidade acústica ainda não documentado para o grupo.

4.2 INFLUÊNCIA DO TAMANHO CORPÓREO NOS PARAMETROS ACÚSTICOS DO CANTO

Nossos resultados demonstraram que indivíduos de maior tamanho corporal apresentaram cantos de agonia mais longos e com maior número de harmônicos. Esse padrão sugere que o tamanho corpóreo pode influenciar diretamente características acústicas defensivas, possivelmente aumentando a eficiência dessas vocalizações em contextos de predação (e. g. TOLEDO *et al.*, 2009). Assim, indivíduos maiores poderiam obter maior sucesso defensivo ao emitir sinais acústicos mais prolongados e estruturalmente mais complexos. Além disso, embora outros autores como Santana *et al.* (2013) não confirmem a correlação positiva entre o tamanho corpóreo e a duração do canto defensivo em suas análises, eles confirmam que a frequência dominante deste canto pode ser influenciada negativamente pelo tamanho do corpo do indivíduo, não observado neste trabalho. Dessa forma, a relação entre tamanho corporal e características acústicas defensivas aparenta ser mais complexa do que atualmente compreendido, permanecendo como uma questão aberta para investigações futuras.

4.3 COMUNICAÇÃO SOCIAL E EVENTUAL PAPEL DE ALARME

Os cantos defensivos em anuros são amplamente reconhecidos como sinais acústicos com potencial para desempenhar múltiplas funções ecológicas, incluindo a atração de predadores secundários e a indução de respostas de fuga em co-específicos (SCHUETT & GILLIGAN, 1990; HOPKINS & FOLT, 2019). Evidências experimentais apresentadas por Forti *et al.* (2017) demonstraram que, em algumas espécies da família Hylidae, machos

interrompem suas vocalizações reprodutivas após a exposição a *playbacks* de cantos de agonia co-específicos, comportamento interpretado como uma possível resposta de alerta frente à presença de predadores na área. No presente estudo, observamos que indivíduos expostos ao estímulo acústico de co-específicos produziram maior número de emissões defensivas quando subjugados, além de um único indivíduo que vocalizou antes de ser atacado, esses cantos podem ser um possível sinal de alarme indicando a presença de um predador. Além disso, parâmetros acústicos como a frequência fundamental, frequência dominante e amplitude de frequência diferiram em relação aos indivíduos não expostos a qualquer estímulo sonoro, sugerindo que além da possibilidade de transmissão de informação entre indivíduos, é possível que a informação passada pode ser alterada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes resultados ampliam o conhecimento sobre vocalizações defensivas em anuros, especialmente para o gênero *Scinax*, ainda pouco explorado nesse contexto. A descrição do canto defensivo de *Scinax x-signatus*, obtida a partir de situações que simulavam contextos predatórios mais próximos das interações naturais, revelou um repertório acústico mais complexo do que o tradicionalmente descrito para anuros, incluindo diferentes tipos de emissões e elementos sub-harmônicos. Além disso, os resultados sugerem que características corporais e contextuais podem influenciar a emissão dessas vocalizações. Indivíduos maiores apresentaram cantos mais longos e com maior número de harmônicos, enquanto a exposição prévia a estímulos acústicos de co-específicos esteve associada ao aumento das emissões defensivas e a alterações em parâmetros acústicos. Em conjunto, esses achados reforçam a hipótese de que os cantos defensivos de *Scinax x-signatus* podem desempenhar funções comunicativas relacionadas à defesa e ao alerta frente à presença de predadores.

Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão da diversidade e complexidade das vocalizações defensivas em anuros, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de novas investigações sobre os mecanismos envolvidos na produção, variação e função ecológica desses sinais acústicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGERT, C. M. The influence of sound on the behavior of amphibians and reptiles; pp. 137-320. In: W. W. Lanyon and W. W. Tavolga (Eds.). **Animal sounds and communication**. Lubrecht and Cramer Ltd, Port Jervis, 1960.

BRASILEIRO, A. C. *et al.* Are good fighters also good singers? The relationship between acoustic traits and fight success in the treefrog *Pithecopus nordestinus* (Phyllomedusidae). **Acta Ethologica**. v. 23, p. 51-60, 2020.

- CARVALHO JR., R. R.; POMBAL JR., J. P. Biologia reprodutiva de *Scinax longilineus* (B. Lutz, 1968) (Anura, Hylidae) no Parque das Mangabeiras, município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.
- DUELLMAN, W. E.; L. TRUEB. Biology of Amphibians. **The Johns Hopkins University Press**, Baltimore and London, 1994.
- DURANGO, J. P. The Distress Call of a Masked Treefrog, *Smilisca phaeota* (Cope 1862) (Hylidae). **Reptiles & Amphibians**, v. 31, 2024.
- FORTI, L. R. *et al.* Behavioural response evoked by conspecific distress calls in two neotropical treefrogs. **Ethology**, v. 123, p. 1-7, 2017.
- GONZALEZ, R. C. *et al.* Lista dos Nomes Populares dos Répteis no Brasil - Primeira Versão. **Herpetologia Brasileira**, v. 9, p. 121-214, 2020.
- GUERRA, V. *et al.* Defensive behaviour of *Boana raniceps* (Anura: Hylidae). **Herpetology Notes**, v. 11, p. 433-436, 2018a.
- GUERRA, V. *et al.* The advertisement calls of Brazilian anurans: Historical review, current knowledge and future directions. **Plos One**, v. 13, 2018b.
- HOPKINS, R.; FOLT, B. Screaming Calls of *Leptodactylus savagei* (Smoky Jungle Frog) Function as an Alarm for Conspecifics. **Journal of Herpetology**, v. 53, p. 154-157, 2019.
- KÖHLER, J. *et al.* The use of bioacoustics in anuran taxonomy: Theory, terminology, methods and recommendations for best practice. **Zootaxa**, v. 4251, p. 1-124, 2017.
- LEARY, C. J.; RAZAFINDRATSITA, V. R. Attempted predation on a hylid frog, *Phrynohyas venulosa*, by an indigo snake, *Drymarchon corais*, and the response of conspecific frogs to distress calls. **Amphibia-Reptilia**, v. 19, p. 442-446, 1998.
- LINGNAU, R. *et al.* Vocalizações de *Hyla wernerii* (Anura, Hylidae) no sul do Brasil. **Phyllomedusa Journal of Herpetology**, v. 3, p. 115-120, 2004.
- MAGALHÃES-JUNIOR, A. J. C.; AZEVEDO, S. M. J. Anurofauna de áreas de caatinga de Pernambuco. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p.112, 2009.
- MESQUITA, P. C. M. *et al.* Ecologia e história natural das serpentes de uma área de Caatinga no nordeste brasileiro. **Papeis Avulsos de Zoologia**, v. 53, 2013.
- RODRIGUES, M. T. *et al.* *Scinax x-signatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T56005A11404900. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T56005A11404900.en>. Downloaded on 29 March 2021.
- SANTANA, D. J. *et al.* Distress call of *Hypsiboas leucocheilus* (Caramaschi and Niemeyer, 2003) (Anura, Hylidae). **Herpetology Notes**, v. 6, p. 289-293, 2013.
- SAZIMA, I. Distress call in newly metamorphosed smith frog, *Hyla faber* Wied. **Herpetologica**, v. 31, p. 471-472, 1975.

- SCHUETT, G. W.; GILLIGAN, J. C. The Function of Scream Calling in Nonsocial Vertebrates: Testing the Predator Attraction Hypothesis. **Chicago Herpetological Society**. v. 25, p. 137-142, 1990.
- SILVA, B. D. Uso do espaço, dieta, atividade, morfometria e reprodução de *Scinax pachycrus* (Miranda-Ribeiro, 1937) e *Scinax x-signatus* (Spix, 1824) (Amphibia;Hylidae) em uma área de caatinga do alto sertão sergipano. 2011.
- SOUZA, U. F. *et al.* Ultrasonic distress calls and associated defensive behaviors in Neotropical frogs. **Acta ethologica**, v. 27, p. 135-139, 2024.
- TOLEDO, L. F. *et al.* Defensive Vocalizations of Neotropical Anurans. **South American Journal of Herpetology**, v. 4, p. 25-42, 2009.
- TOLEDO, L. F. *et al.* The anuran calling repertoire in the light of social context. **Acta Ethologica**, v. 18, p. 87-99, 2014.
- VANZOLINI, P. E. *et al.* Répteis das Caatingas. Rio de Janeiro, **Academia Brasileira de Ciências**, p.161, 1980.
- VITT, L. J. Ecology of an anuran-eating guild of terrestrial tropical snakes. **Herpetologica**, v.39, p.52-66, 1983.
- VITT, L. J.; CALDWELL, J. P. Communication and Social Behavior. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. **Academy Press**. v. 4, p. 255-289, 2014.
- WELLS, K. D. The Ecology and Behavior of Amphibians. **University of Chicago Press**. 2007.