

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/08/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE BOTUCATU – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

**MONITORAMENTO ATIVO E ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO MONITORA-
MENTO ACÚSTICO PASSIVO (MAP) COMO FERRAMENTA PARA MONI-
TORAR ANUROS (AMPHIBIA) EM AMBIENTES LÓTICOS NO PARQUE ES-
TADUAL ITINGUÇU, PERUÍBE-SP**

Isabel Gonzalves Velasco

Orientador: Prof. Dr. Ivan Sergio Nunes Silva Filho

Apoio



Botucatu-SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE BOTUCATU – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

**MONITORAMENTO ATIVO E ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO MONITORA-
MENTO ACÚSTICO PASSIVO (MAP) COMO FERRAMENTA PARA MONI-
TORAR ANUROS (AMPHIBIA) EM AMBIENTES LÓTICOS NO PARQUE ES-
TADUAL ITINGUÇU, PERUÍBE-SP**

Isabel Gonzalves Velasco

Orientador: Prof. Dr. Ivan Sergio Nunes Silva Filho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Botucatu-SP

2023

V433m

Velasco, Isabel Gonzalves

Monitoramento ativo e estudo da eficiência do monitoramento acústico passivo (MAP) como ferramenta para monitorar anuros (Amphibia) em ambientes lóticos no Parque Estadual Itinguçu, Peruíbe-SP / Isabel Gonzalves Velasco. -- Botucatu, 2023

73 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Ivan Sergio Nunes Silva Filho

1. Anuros. 2. Bioacústica. 3. Monitoramento ecológico. 4. Biodiversidade conservação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Agradecimentos

São tantos agradecimentos que nem sei por onde começar e peço perdão desde já se esqueci de mencionar alguém. Primeiramente não poderia deixar de agradecer aos meus pais e ao meu noivo por todo o apoio que me deram desde o momento em que disse que estava pensando em exonerar meu cargo público para ser bolsista de pós-graduação. Eles me apoiaram incondicionalmente e eu jamais teria chegado até aqui sem cada um deles, então, mãe (Maria Eugênia), pai (Jesus) e Guilherme, muito obrigada, amo muito vocês! Em segundo lugar agradeço demais ao meu orientador Prof. Dr. Ivan Nunes por ter confiado em mim e ter me acolhido em um programa de pós-graduação tão bom, por ter sido presente em cada um dos meus campos e por toda a orientação e paciência que teve comigo. Tive um grande crescimento acadêmico graças a ele, então muito obrigada, professor Ivan. Da mesma forma, agradeço a todos os professores que me acompanharam nessa jornada, bem como a professora Tânia Márcia e a professora Alessandra que me cativaram com sua didática e contribuíram de forma gigantesca para o meu crescimento acadêmico. Fico muito feliz em ter tido a oportunidade de aprender com duas professoras que me inspiram tanto.

Jamais poderia deixar de agradecer imensamente a todos meus colegas de laboratório! Manoella, Juan, Ingrid e Vitany, obrigada por terem ido aos campos, por terem me ajudado e feito companhia no laboratório, por me apoiarem tanto na esfera acadêmica como pessoal. Obrigada por tudo que me ensinaram, por todas as risadas, piadas, cafés, miojos, campos extremamente produtivos e tantos anti-histamínicos! Obrigada por abraçarem as ideias loucas que eu tive/tenho e nunca reclamarem. Amo vocês!

Agradeço a todos os funcionários do PEIT que sempre foram incríveis conosco, sempre nos acolhendo e nos ajudando durante os campos de todas as formas possíveis. Obrigada, Reginaldo, por desmentir as histórias de terror que me contaram e assim contribuir para a minha paz nos monitoramentos noturnos. E claro, obrigada por nos ajudarem a carregar todo o equipamento até o núcleo do Arpoador quando o jipe estava quebrado. Sentirei saudades de cada um de vocês.

Finalmente, agradeço imensamente à CAPES, agência de fomento que me concedeu a bolsa de mestrado que foi tão essencial e imprescindível para a realização deste trabalho e para toda a minha formação acadêmica.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: Diversity and habitat use of an anuran taxocenosis at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP – What has changed 30 years later?

Table 1. Anuran species found in each of the points of the Itinguçu State Park, Peruíbe-SP during field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023. The sampling points are represented by the acronyms: CA (Arpoador waterfall), SM (upstream site), SJ (downstream site), NA (Arpoador core), TA (Arpoador trail), PA1 (Arpoador pond 1), PA2 (Arpoador pond 2), PG (Guarauzinho pond), TS (site trail) and RG (Guarauzinho stream). The type of environment in which they were recorded is represented by the abbreviations Aq (aquatic), Ar (arboreal), Fo (fossorial), Te (terrestrial) and Sa (semi-arboreal). The collection period is represented by D (day) and N (night) and the status according to the IUCN by the abbreviations LC (least concern) and DD (data default).

Capítulo 2: Testing the efficiency of passive acoustic monitoring and active monitoring in anuran community in lotic environments in Itinguçu State Park, Peruíbe-SP

TABLE 1. List of species found in the frog community of Itinguçu State Park (Peruíbe-SP), based on active search (AM) and passive acoustic monitoring (PAM) with 18 days of recording (total PAM) and large-scale passive acoustic monitoring, named of scenario 1A - One hour of PAM, 1B - Single day of PAM, 2A - 3 nights of PAM, 2B - 18 nights of PAM, 3A - 3 full days of PAM, 3B - 18 full days of PAM.

TABLE 2. Compilation of the results of the data collected in each visit.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: Diversity and habitat use of an anuran taxocenosis at Itinguçu State Park Peruíbe-SO – What has changed 30 years later?

Figure 1. Study area of the Itinguçu State Park located in municipality of Peruíbe, São Paulo State, Brazil. In the zoom area below the red dots indicate the location of each sampling point, and the red line represents the trails. PGB= Guarauzinho creek, DS= downstream site, US= upstream site, ST= site trail, PPG= permanent pond Guarauzinho, ACW= Arpoador center waterfall, AT= Arpoador trail, APP= Arpoador permanent pond APS= Arpoador pond seasonal, and AW = Arpoador waterfall.

Figure 2. Environments where anurans were collected at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP with field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023. Arpoador permanente pond – APP (A), Upstream site – US (B), Arpoador trail – AT (C), Arpoador center waterfall – ACW (D), downstream site – DS (E) and permanente pond Guarauzinho – PPG (F).

Figure 3. Abiotic factors versus species and sampling days collected during the field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023, for four consecutive days, at Itinguçu State Park, Municipality of Peruíbe, State of São Paulo, Brazil. A = Sampling days versus species richness in relation to temperature indicated by the red line; B= Sampling days versus species richness in relation to humidity indicated by the blue line (in A and B the gray bars represent species richness); C = Sampling days versus species diversity and the both abiotic data, with red line representing temperature, blue line representing the humidity, the yellow bars representing the diversity of species observed to each day of campaign, and, dashed yellow line represent the linear regression of these values over the days of collection in Itinguçu State Park, Peruíbe-SP

Figure 4. Some registered species at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP with field activities carried out between April 26, 2022 and February 10, 2023. *Aplatodiscus arildae* (A), *Boana albomarginata* (B), *B. faber* (C), *B. semilineata* (D), *Dendropsophus elegans* (E), *Hyloides dactylocinus* (F), *Haddadus binotatus* (G), *Itapotihyla langsdorffii* (H), *Lepidodactylus paranaru* (I), *Ololygon littoralis* (J), *Phyllomedusa distincta* (K), *Proceratophrys belzebul* (L), *Rhinella granulosa* (M), *R. hoogmoedi* (N), *R. ornata* (O), *Scinax cf. ruber* (P), *Scinax granulatus* (Q) and *Thoropa taophora* (R).

Figure 5. Rarefaction curves. The red line represents the richness observed and registered; The green line represents the richness estimated by Jackknife1 with your standard deviation. These lines demonstrated that the interval between the richness observed and estimated is closer each other.

Figure 6. Rarefaction curves (Jackknife1) for each environmental category. A= waterfall; B= trail; C= pond; and, D=stream. These curves demonstrate the trend to register more species in each site of each environmental category, which presents a tendency towards an increase in species richness for all categories according to sampling effort, as observed by the growth lines. The deviation lines demonstrate that some environments tend to record fewer species (A and B), and others tend to record more species (C and D).

Capítulo 2: Testing the efficiency of passive acoustic monitoring and active monitoring in anuran community in lotic environments in Itinguçu State Park, Peruíbe-SP

Figure 1. Sampling sites at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP with field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023. (A) site 1 “Arpoador” (B), site 2 “Sítio montante” (C) site 3 “Sítio jusante” and (D) represents a recorder installed at one of the sites.

Figure 2. Times of vocalizations recorded by species at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP with field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023. The 'x' axis shows the time from 8:00 am to 8:00 pm (24-hour period) and the images of frogs indicate the species that vocalized.

Figure 3. Oscillograms and spectrograms referring to the vocalizations detected by the PAM at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP with field activities carried out between April 26, 2022, and February 10, 2023. Advertisement call of *Itapotihyla langsdorffii* recorded at site 3 “Sítio jusante” (A), and representation of noise interference in the recordings at site 1 – “Arpoador” (B). The arrows indicate the detection of the species call among environmental sounds.

Figure 4. Linear trend of the two methods in relation to scenarios (x axis) and species richness (y axis). The solid blue line represents the detection of species by AM and the solid red line represents the detection of species by PAM. The blue dashed line represents the AM trend line and the red dashed line that of the PAM. AM, $R^2=0.5905$. PAM, $R^2=0.3875$.

Figure 5. Species richness accumulation curves observed at each visit in each of the techniques and scenarios.

Figure 6. Trendlines from all sampling scenarios and from active monitoring (AM).

Figure 7. Species accumulation trend curve for both techniques (AM in blue; PAM in red) for each monitoring day. The dotted lines represent the trend lines for each of the techniques. This curve has a low p-value ($p < 0.003554$) with T-test = -2.99802.

Figure 8. Result of the GLM analysis in the detection of abundance in each of the methods used (AM and PAM). The circles represent the residual values of each method, the yellow ones referring to AM and the blue ones referring to PAM. The Z value represents that the residual values are below the mean. The p value < 0.05 , which does not make the probability of observing a greater difference less significant. The R^2 represents the fit to the regression, showing how well the regression predictions approximate the true values.

Sumário

RESUMO GERAL	3
INTRODUÇÃO GERAL	4
Referências bibliográficas.....	6
CAPÍTULO 1. “DIVERSITY AND HABITAT USE OF AN ANURAN TAXOCENOSIS AT ITINGUÇU STATE PARK, PERUÍBE-SP – WHAT HAS CHANGED 30 YEARS LATER?	9
Abstract	9
INTRODUCTION.....	10
MATERIAL AND METHODS	11
Study area.....	11
Sampling methods	11
Data analysis.....	12
RESULTS.....	13
Abiotic data	13
Species diversity	13
Habitat use	14
DISCUSSION.....	15
Abiotic data	15
Species diversity	16
Habitat use	18
REFERENCES	20
TABLE.....	25
FIGURES.....	27
 CAPÍTULO 2. “TESTING THE EFFICIENCY OF PASSIVE ACOUSTIC MONITORING AND ACTIVE MONITORING IN ANURAN COMMUNITY IN LOTIC ENVIRONMENTS IN ITINGUÇU STATE PARK, PERUÍBE-SP	 33
Abstract	33
INTRODUCTION.....	34
MATERIAL AND METHODS	36
Study area.....	36
Data collect.....	36
Species richness.....	38
Sampling scenarios.....	38
Species accumulation curves.....	40

Statistical analysis.....	40
RESULTS	41
Anuran communities	41
Species accumulation curves.....	43
Sampling scenarios.....	43
DISCUSSION	44
REFERENCES	49
TABLE	54
FIGURES	57
CONCLUSÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

RESUMO GERAL

Partindo-se do déficit de informações a respeito da anurofauna brasileira e à luz das emergentes técnicas de levantamentos de espécies animais, o presente trabalho escolheu o Parque Estadual Itinguçu, município de Peruíbe, estado de São Paulo, para levantar dados a respeito dos referidos pontos. O parque configura uma unidade de proteção integral inserido no bioma da Mata Atlântica e não possui dados recentes de levantamentos de espécies, principalmente de anurofauna, cuja o único estudo foi realizado em 1993. Desta forma, objetivou-se: (i) realizar um levantamento da anurofauna da planície costeira do parque em diferentes categorias de ambientes (cachoeira, trilha, poças e riacho) a partir de encontros visuais realizados durante o dia e durante a noite; e (ii) testar a eficiência dos métodos de monitoramento ativo e monitoramento acústico passivo na detecção da anurofauna em ambientes lóticos. Este trabalho é o primeiro a utilizar o monitoramento acústico passivo para detecção de anurofauna de ambientes lóticos. A coleta de dados foi realizada a cada 45 dias iniciando-se em abril de 2022 e finalizado em fevereiro de 2023. Em suma, o levantamento da anurofauna do parque registrou a presença de 22 espécies de anuros, algumas já haviam sido registradas em 1993 e outras que não se havia registro na área. Os índices aplicados demonstraram crescimento exponencial conforme o aumento do número de campanhas. Dados de história natural das espécies observadas em campo também foram relatados (distribuição espacial, reprodução e interações interespecíficas). Já o teste de eficiência entre os métodos demonstrou que o monitoramento ativo (encontros visuais) apresentou maior eficiência na detecção das espécies em ambientes lóticos do que o monitoramento acústico passivo. Entretanto, foi possível observar que quando essas suas técnicas são utilizadas em conjunto, elas tendem a se complementar e gerar uma coleta de dados muito mais completa.

Palavras-chave: monitoramento ativo; monitoramento acústico passivo; anuros; ambientes lóticos; Parque Estadual Itinguçu.

ABSTRACT

Starting from the lack of information regarding Brazilian anurofauna and in light of emerging techniques for surveying animal species, the present work chose the Itinguçu State Park, municipality of Peruíbe, state of São Paulo, to collect data on respect of the aforementioned points. The park is an integral protection unit inserted in the Atlantic Forest biome and does not have recent data from species surveys, mainly anurofauna, the only study of which was carried out in 1993. Thus, the objective was: (i) carry out a survey of the anurofauna of the park's coastal plain in different categories of environments (waterfall, trail, puddles and stream) based on visual encounters carried out during the day and night; and (ii) test the efficiency of active monitoring and passive acoustic monitoring methods in detecting anurofauna in lotic environments. This work is the first to use passive acoustic monitoring to detect anurofauna in lotic environments. Data collection was carried out every 45 days starting in April 2022 and ending in February 2023. In short, the survey of the park's anurofauna recorded the presence of 22 species of anurans, some had already been recorded in 1993 and others that there was no record in the area. The applied indexes demonstrated exponential growth as the number of campaigns increased. Natural history data on species observed in the field were also reported (spatial distribution, reproduction and interspecific interactions). The efficiency test between the methods demonstrated that active monitoring (visual encounters) was more efficient in detecting species in lotic environments than passive acoustic monitoring. However, it was possible to observe that when these techniques are used together, they tend to complement each other and generate much more complete data collection.

Palavras-chave: active monitoring; passive acoustic monitoring; anurans; lotic environments; Itinguçu State Park.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil está localizado na região Neotropical, uma área com altos índices de riqueza de espécies em relação a outras áreas da Terra, o que torna uma prioridade científica elucidar os padrões e processos associados a origem e manutenção da biodiversidade neotropical (Antonelli & Sanmartín, 2011; Mora *et al.* 2011; Antonelli *et al.* 2018). No Brasil, o bioma da Mata Atlântica representa o bioma brasileiro mais rico em biodiversidade abrigando cerca de 2.200 espécies de vertebrados, além de conter altas taxas de endemismos, o que, consequentemente, gera altas taxas de espécies em alguma categoria de risco de extinção. Ademais, possui características abióticas muito favoráveis à presença dos anfíbios anuros, tais como altas taxas de umidade, temperatura e precipitação. (Meyers, 2000; Paglia & Pinto, 2010; Silva, 2017). Entretanto, o bioma sofre altas taxas fragmentação, o que torna necessário a realização de levantamentos faunísticos para se propor ações de conservação e manutenção das espécies (Moraes *et al.* 2007; Youg *et al.* 2016). Embora seja o bioma mais rico em espécies e que existam constantes pesquisas dentro deste bioma, principalmente em relação às aves e mamíferos, o conhecimento a respeito dos demais grupos taxonômicos ainda é pouco conhecida (Paglia & Pinto, 2010).

Um desses grupos são os anfíbios da ordem Anura, composto por sapos, pererecas e rãs. Os anuros são ectotérmicos, possuem respiração pulmonar e cutânea e são muito sensíveis a mudanças ambientais, o que os torna ótimos indicadores de qualidade ambiental (Wells, 2007). Atualmente são descritas 7638 espécies de anuros no mundo, com aproximadamente 1188 espécies registradas no Brasil, principalmente no bioma da Mata Atlântica onde os registros chegam a mais de 600 espécies, com 185 destas sendo endêmicas para o bioma (Rossa-Feres *et al.* 2017; Segalla *et al.* 2021; Frost, 2023). Desta forma, conhecer a anurofauna torna-se imprescindível quando abordamos ações de conservação e manutenção das espécies, e embora o nome dos organismos seja fundamental, informações significativas de suas histórias naturais ainda permanecem desconhecidas para diversas espécies, inclusive para espécies que sequer foram descritas (Pirani, 2005). Assim, os dados ecológicos das espécies e suas histórias de vida são componentes imprescindíveis quando se trata de conservação ambiental

Existem diversos métodos de se realizar os levantamentos das espécies de anuros. Duas formas distintas, porém, que se complementam, são os métodos ativos e métodos passivos. Os métodos ativos são caracterizados pela necessidade do pesquisador em campo, onde são realizados majoritariamente encontros visuais, além de detecções

auditivas, biomassa de ninhos, animais se dispersando e métodos de captura como armadilhas; já os métodos passivos não requerem a presença do pesquisador no campo, como é o caso do monitoramento acústico passivo, no qual é instalado um gravador no ambiente e este é deixado ligado realizando gravações do ambiente por dias a fio (ou enquanto durarem as baterias). A busca ativa é o método mais utilizado até hoje, entretanto com o avanço das tecnologias, o monitoramento acústico passivo tem sido cada vez mais aplicado por, apesar de ter alto custo inicial, ele fornece vantagens como a não perturbação do sítio de vocalização e não necessita da presença constante do pesquisador (Dayrat 2005; Hsu *et al.* 2005; Padial *et al.* 2010; Eekhout 2010; Guerra *et al.* 2020; Sugai *et al.* 2018). Este método tem gerado ótimos resultados em ambientes lênticos como poças e brejos (Xie *et al.* 2015; Llusia, 2013; Brauer, 2016; Cameron, 2019; Brodie *et al.* 2020; Sugai *et al.* 2021). Todavia não se tem dados sobre a eficiência da aplicação do MAP para detecção de anuros em ambientes lóticos. Desta forma, o presente trabalho objetiva não apenas realizar um levantamento da anurofauna do parque, mas também, testar a eficiência dos métodos de busca ativa e do monitoramento acústico passivo, em ambientes lóticos em áreas da planície costeira do Parque Estadual Itinguçu com campos realizados entre abril de 2022 e fevereiro de 2023.

O Parque Estadual Itinguçu (PEIT), foi escolhido por ser uma unidade de conservação de proteção integral do bioma da Mata Atlântica e não possuir um plano de manejo, o que torna o conhecimento das espécies da área um campo ainda cinzento. Os dados do primeiro e único levantamento de anurofauna realizado no local datam de 1993, e foi realizado por Narvaes *et al.* (2009), o qual registrou 20 espécies de anuros na planície costeira do parque. Entretanto, sabemos que os ambientes são dinâmicos e apesar de ser uma unidade de conservação de proteção integral, turistas sempre passeiam por lá, possuindo, ou não, autorização da Fundação Florestal e acompanhados, ou não, de monitores ambientais. Desta forma, a área sofre com ações antropogênicas, sejam elas alargamento de trilhas, poluição, ruído e presença de animais domésticos, o que ocorre pelo parque possuir lindas praias, mas contar com uma pequena equipe de fiscalização. Assim sendo, realizamos um novo levantamento das espécies de anurofauna que habitam o PEIT tendo uma ideia prévia das espécies que encontraríamos segundo a publicação de Narvaes *et al.* (2009). Ainda, realizamos uma comparação entre os dados desses autores com o presente para observarmos quais espécies ainda são registradas lá, quais não são encontradas com

tanta facilidade, que passaram por revisões taxonômicas e receberam outra nomenclatura, e quais não haviam sido registradas anteriormente, enfim, o que mudou em 30 anos.

Além de fornecer um estudo da composição da anurofauna do PEIT, nosso interesse também se deteve em testar a eficiência na detecção de anuros em ambientes lóticos a partir do monitoramento ativo e do monitoramento acústico passivo, pois como já mencionado, o MAP demonstra alta eficiência de detecção em ambientes lênticos, mas sua eficiência na detecção de anuros em ambientes lóticos ainda não foi realizada. Desta forma, este é o primeiro estudo da eficiência do MAP na detecção de anuros em ambientes lóticos. Embasamos nosso método no trabalho realizado por Melo *et al.* (2021), que realizaram um teste de eficiência entre ambos os métodos, porém, em ambientes lênticos do bioma Cerrado.

Como produto dos estudos descritos, foram produzidos dois capítulos já submetidos em revistas científicas. O capítulo 1 intitulado “*Composition and ecology of an anuran taxocenosis at Itinguçu State Park, Peruíbe-SP – What has changed 30 years later?*”, compreende uma lista de todas as espécies de anuros detectadas no PEIT nos mais diversos ambientes (cachoeira, trilha, poça e riacho), assim como dados a respeito da ecologia de algumas espécies que foram observados durante os campos. O capítulo ainda conta com uma comparação entre as espécies detectadas em outras áreas de Mata Atlântica do estado de São Paulo. Já, o capítulo 2 intitulado “*Testing the efficiency of passive acoustic monitoring and active monitoring in anuran community in lotic environments in Itinguçu State Park, Peruíbe-SP*”, conta com os resultados da nossa testagem de eficiência dos métodos. Por fim, espera-se que os dados provenientes do presente possam auxiliar no desenvolvimento de futuras políticas de conservação do PEIT, assim como compor uma futura lista de espécies a área e fornecer alguns dados de ecologia dessas espécies.

CONCLUSÕES FINAIS

A partir dos dados gerados foi possível concluir que 30 anos após o primeiro levantamento da anurofauna local, mais espécies foram registradas e apesar de algumas registradas anteriormente não terem sido observadas durante nossas campanhas, também houve espécies detectadas que não haviam sido registradas no parque anteriormente. A tendência é que esta lista de espécies aumente conforme mais campanhas forem realizadas no parque. Indivíduos foram observados em suas principais formas de desenvolvimento (ninhos, girinos, imagos e adultos) e interações intraespecíficas também foram registradas, o que demonstra a dinâmica ambiental. Desta forma, sugere-se que mais campanhas sejam aplicadas no parque, principalmente nos meses que ficaram de fora do nosso período de coleta de dados, e, nas regiões de altitude que nosso estudo não abrangeu e que podem conter espécies não registradas nem em 1993 e nem no presente. Em relação ao teste de eficiência dos métodos de monitoramento, ficou claro que o monitoramento ativo apresentou maior eficiência do que o monitoramento acústico passivo na detecção da anurofauna de ambientes lóticos. Uma das possíveis justificativas dessa eficácia pode ter sido o mascaramento de sons devido aos ruídos ambientais (água, cigarras e aves). Entretanto, também é possível observar que o monitoramento acústico passivo tende a realizar uma maior detecção conforme mais dias são inclusos na amostragem (correspondente ao cenário 3A e 3B). Em suma, a tendência dos dois métodos é de aumento na detecção de espécies conforme maior a quantidade de dias que ambas as técnicas forem aplicadas, principalmente se forem utilizadas de forma conjunta, pois em um período de 24 horas percebe-se uma rotatividade, assim como sobreposição, de vocalizações. Aqui, sugerimos que para futuros levantamentos de anurofauna em ambientes lóticos a longo prazo, os dois métodos sejam utilizados em conjunto, um complementando o outro. Entretanto, ressaltamos que nem todas as vocalizações que forem registradas nos gravadores serão passíveis de realizar a descrição dos parâmetros acústicos, pois pode haver muita interferência do ruído ambiental e sobreposição de nicho acústico. Caso seja esse o objetivo, recomendamos a gravação direcional, ou seja, com o pesquisador portando um microfone manual e direcionando-o para o indivíduo vocalizante. Ademais, esperamos que nossos resultados possam ser utilizados futuramente para auxiliar no desenvolvimento de ações de conservação e manutenção das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M.A. & VILLANUEVA-RIVERA, L.J. 2006. Using automated digital recording systems as affective tools for the monitoring of birds and amphibians. *Wildlife Society Bulletin* 34, 211-214.
- AURICCHIO, P. & SALOMÃO, M.G. (Eds). 2002. Técnicas de coleta e preparação de vertebrados para fins científicos e didáticos. Arujá, Instituto Pau Brasil de História Natural, 350 pp.
- AVMA – American Veterinary Medical Association. 2020. The AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Schaumburg, 121p.
- BOGERT, C.M. 1960. The influence of sound on the behavior of amphibians and reptiles. *In: Animal sounds and communication*, ed. W.E. Lanyon & W.N. Tavolga, 137-320. Washington, DC: AIBS.
- BRIDGES, A.S. & DORCAS, M.E. 2000. Temporal Variation in Anuran Calling Behavior: Implications for Surveys and Monitoring Programs. *Copeia* 2000, 587–592.
- CAMPBELL, H.W. & S.P. CHRISTIAN. 1982. Field techniques for herpetofaunal Community analysis. *In: N.J. Scott Jr. (Ed.), Herpetological communities: a Symposium of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles and the Herpetologists' League*. U.S. Fish Wildlife Service, Washington.
- CFMV – Conselho Federal de Medicina Veterinária. 2013. Guia Brasileiro de Boas Práticas em Eutanásia em Animais – Conceitos e Procedimentos Recomendados. Brasília, 66p.
- CHAO, A., GOTELLI, N.J., HSIEH, T.C., SANDER, E.L., MA, K.H., COLWELL, R.K., ELLISON, A.M., 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol. Monogr.* 84 (1), 45–67.
- CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Resolução Normativa Nº 37, de 15 de fevereiro de 2018: Diretriz da Prática de Eutanásia. Acessado em 15 de novembro de 2020. Disponível em http://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/institucional/concea/arquivos/legislacao/resolucoes_normativas/RN-37.pdf. 2018.
- CORN, P.S., MUTHS, E. & IKO, W.M. 2000. A comparison in Colorado of three methods to monitor breeding amphibians. *Northwestern Naturalist* (Olympia, Wash.) 81,22-30.
- DAYRAT, B. 2005. Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85, 407-415.
- DECRETO Nº 63.853, 27 November 2018. Species of wildlife in the State of São Paulo that are regionally extinct, those threatened with extinction, those almost threatened and those with insufficient data for assessment. Available at: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63853-27.11.2018.html>
- DORCAS, M.E., PRICE, S.J., WALLS, S.C., & BARICHIVICH, W.J. 2010. Auditory monitoring of anuran populations. *In: 'Amphibian Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques'*. Ed. (Dood Jr., C.K.) pp. 281-298. Oxford University Press.
- EEKHOUT, X. 2010. Sampling Amphibians and Reptiles. *In: Manual on Field Recording Techniques and Protocols for ATBI+M* (vol.8). Madrid.

- FARMER, A., SMITH, L., GIBBONS, J.W. & CASTLEBERRY, S. 2009. A comparison of techniques for sampling amphibians in isolated wetlands in Georgia. USA. *Appl. Herpetol.* 6 (4), 327–341.
- FROST, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an online reference. Electronic Database accessible at <<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>> American Museum of Natural History, New York, USA. 2023.
- GOOCH, M.M., HEUPEL, A.M., PRICE, S.J. & DORCAS, M.E. 2006. The effects of survey protocol on detection probabilities and site occupancy estimates of summer breeding anurans. *Applied Herpetology* 3, 129-142.
- GOSNER, K.L. 1960. A Simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16(3), pp.183-190.
- GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. 2011. Estimating species richness, in ‘Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment’. (Eds. Magurran, A.E. & McGill, B.J.) PP. 39-54. (Oxford University Press: New York).
- GUERRA, V., COSTA, N.Q., LLUSIA, D., MÁRQUEZ, R. & BASTOS, R.P. 2020. Nightly patterns of calling activity in anuran assemblages of the Cerrado, Brazil. *Community Ecology*. Springer.
- HARTUNG, O. & CAMPOLIM, M. 2022. Plano Emergencial de Uso Público - Parque Estadual Itinguçu. Fundação Florestal. Peruíbe, SP.
- HICKMAN, C.P., ROBERTS, L.S., KEEN, S.L., EISENHOUR, D.J., LARSON, A. & L’ANSON, H. 2013. *Princípios Integrados de Zoologia*. 15ª ed. Guanabara Koogan. pp. 952.
- HSU, M.Y., KAM, Y.C. & FELLERS, G.M. 2005. Effectiveness of amphibian monitoring techniques in a Taiwanese subtropical forest. *The Herpetological Journal* 15,73-79.
- IUCN – International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-3. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>.
- KÖHLER, J., JANSEN, M., RODRÍGUEZ, R., KOK, P.J.R., TOLEDO, L.F., EMMERICH, M., GLAW, F., HADDAD, C.F.B., RÖDEL, M.O. & VENCES, M. 2017. The use bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa* 4251(1):001-124. New Zeland.
- LLUSIA, D. 2013. Comunicación acústica em anuros ibéricos: Influencia del clima, habitat y ambiente sonoro. Tese de doutorado. Facultad de Ciências, Universidad Autónoma de Madrid. España.
- LLUSIA, D., MÁRQUEZ, R. & BELTRÁN, J.F. 2013. Calling behaviour under climate change: geographical and seasonal variation of calling temperatures in ectotherms. *Global Change Biology*, 19(9), 2655-2674.
- MADAZZOLO, B., SANTOS, T.G., SANTOS, M.B., BOTH, C. & CECHIN, S. 2017. Biodiversity assessment: selecting sampling techniques to access anuran diversity in grassland ecosystems. *Wildlife Research*, 44(1):78-91.
- MARQUÉZ, R., LLUSIA, D. & BELTRÁN, J.F. 2014. Aplicación de la bioacústica al seguimiento de anfibios. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* 25(2), pp.52-58.

MCDIARMID, R.W. 1994. Preparing amphibians as scientific specimens. In: Heyer, W.R. et al. (Eds). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, pp. 289-297.

MELO, I., LLUSIA, D., BASTOS, R.P. & SIGNORELLI, L. 2021. Active or passive acoustic monitoring? Assessing methods to track anuran communities in tropical savanna wetlands. *Ecological Indicators*, 132, 108305.

MELO, I.R. 2020. Aplicações do monitoramento acústico automático de anuros: inventário de espécies, comparações metodológicas e estudo da detectabilidade das espécies. Dissertação de mestrado. Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, Goiás.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, Nº 148, 7 July 2022. Update of the National Species List Threatened with Extinction. Available at: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf

MORRONE, J.J. 2014. Cladistic biogeography of the neotropical region: Identifying the main events in the diversification of the terrestrial biota. *Cladistics* 30(2): 202–214.

MOURA, P.H.A., ELIAS-COSTA, A., NUNES, I. & FAIVOVICH, J. 2021. Diversity and evolution of the extraordinary vocal sacs of casque-headed treefrogs (Anura: Hyliidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 134, pp.423-442.

NARVAES, P., BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, M.T. 2004. Composição, uso de habitat e estações reprodutivas das espécies de anuros da floresta de restinga da Estação Ecológica Juréia-Itatins, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 9(2): <<http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/pt/abstract?article+bn02009022009>>

OBRIST, M.K., PAVAN, G., SUEUR, J., RIEDE, K., LLUSIA, D. & MÁRQUEZ, R. 2010. Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. *Abc Taxa*, 8, 68–99.

PADIAL, J.M. et al. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology*, 7: 1–14.

PARRIS, K.M., NORTON, T.W. & CUNNINGHAM, R.B. (1999) A comparison of techniques for sampling amphibians in the forest of southeast Queensland, Australia. *Herpetologica* 55, 271-283.

PETERSON, C.R. & DORCAS, M.F. 1994. Automated Data acquisition. In: 'Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Amphibians'. Heyer, W.R., Donnelly, R., McDiarmid, R.W., Hayed, L.C. & Foster, M.S. (eds) PP. 47-57. Smithsonian Institution: Washington.

R Development Core Team *version* 4.0.2. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Austria.

ROCHA, C.F.D., VAN SLUYS, M., HATANO, F. H., BOQUIMPANI-FREITAS, L., MARRA, R. V. & MARQUES, R. V. 2004. Relative efficiency of anuran sampling methods in a restinga habitat (Jurubatiba, Rio de Janeiro, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 64, 879–884.

RÖDEL, M.O.R. & EENST, R. 2004. Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for standardization. *Ecotropica* 10, 1–14.

SÁ, F.P. 2013. Uma nova espécie de *Hylodes* (Anura, Hylodidae) da Serra do Japi: Descrição, modo reprodutivo e comunicação. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências do Campus Rio Claro. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP.

SCOTT, Jr., N.J., WOODWARD, B.D. 1994. Surveys at breeding sites. *In*: Heyer, W.R., Donnelly, M.A., McDiarmid, R.W., Hayek, L.A.C., Foster, M.S. (Eds.), *Measuring and monitoring biological diversity – Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution, Washington, pp. 118–125. Silva, F.R.D., 2010. Evaluation of Survey Methods.

SEGALLA, M.V. et al. 2021. Lista de espécies brasileiras – Brazilian amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira* 10(1): 121–216.

SILVA, F.R.D. 2010. Evaluation of survey methods for sampling anuran species richness in the Neotropics. *South American Journal of Herpetology* 5, 212–220.

SUGAI, L.S.M., SILVA, T.S.F., RIBEIRO JR., J.W. & LLUSIA, D. 2018. Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: *Review and perspectives*. BioScience.

SUGAI, L.S.M., DESJONQUÈRES, C., SILVA, T.S.F. & LLUSIA, D. 2019. A roadmap for survey designs in terrestrial acoustic monitoring. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 6(3):220–235.

TANADINI, L.G., SCHMIDT, B.R. & GRATWICKE, B. 2011. Population size influences amphibian detection probability: Implications for biodiversity monitoring programs. *PLoS One* 6 (12), e28244.

TARIFA, J.R. 2004. Unidades Climáticas dos Maciços Litorâneos da Juréia-Itatins, p. 42–50. *In*: MARQUES, O.A.V. & DULEBA, W. (eds.). *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna*. Ribeirão Preto, Holos, Editora.

VASCONCELOS, T.S. & ROSSA-FERES, D.C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 5(2).

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

WICKHAM, H. & FRANCOIS, R. (2015) *dplyr A Grammar of Data Manipulation*. R Package Version 0.4.3.

WICKHAM, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4.

WILLACY, R.J., MAHONY, M. & NEWELL, D.A. 2015. If a frog calls in the forest: Bioacoustic monitoring reveals the breeding phenology of the endangered Richmond Range mountain frog (*Phyllorhina richmondensis*). *Austral Ecology* 40, 625–633.

XIE, J., TOWSEY, M., YASUMIBA, K., ZHANG, J. & ROE, P. 2015. Detection of Anuran Calling Activity in Long Field Recording of Bio-acoustic Monitoring. *IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, Singapore.