



**Uema**

UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO MARANHÃO

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO-UEMA  
CENTRO DE ESTUDO SUPERIOR DE CAXIAS-CESC  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**PARTIÇÃO DE NICHOS ACÚSTICO DAS AVES INSETÍVORAS DE  
SUB-BOSQUE DA RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI**

**JANAINA SOARES DA SILVA**

**CAXIAS – MA**

**2024**

**JANAINA SOARES DA SILVA**

**PARTIÇÃO DE NICHOS ACÚSTICOS DAS AVES INSETÍVORAS DE  
SUB-BOSQUE DA RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI**

Monografia apresentada ao colegiado do curso de Ciências Biológicas Licenciatura, do Centro de Estudos Superiores de Caxias, da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA-*campus* CAXIAS), como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Flávio Kulaif Ubaid

**CAXIAS – MA**

**2024**

S586p Silva, Janaina Soares da

Partição de nicho acústico das aves insetívoras de sub-bosque da reserva biológica do Gurupi / Janaina Soares da Silva. \_\_Caxias: Campus Caxias, 2024.

38f.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão – Campus Caxias, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Kulaif Ubaid.

1. Bioacústica; 2. Diversidade acústica; 3. Paisagem acústica. 1.  
Título.

CDU 598.2

**PARTIÇÃO DE NICHOS ACÚSTICO DAS AVES INSETÍVORAS DE  
SUB-BOSQUE DA RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI**

De acordo com:

---

**Orientanda:** Janaina Soares da Silva

**Orientador:** Prof. Dr. Flávio Kulaif Ubaid

**CAXIAS – MA**

**2024**

**JANAINA SOARES DA SILVA**

**PARTIÇÃO DE NICHOS ACÚSTICOS DAS AVES INSETÍVORAS DE  
SUB-BOSQUE DA RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI**

Aprovada em: 16/02/2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Flávio Kulaif Ubaid** (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

---

**Prof. Msc. Mauro Celso Rodrigues dos Santos** (membro)

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RANDSON MODESTO COELHO DA PAIXAO  
Data: 01/03/2024 11:39:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. Dr. Randson Modesto Coêlho da Paixão** (membro)

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

**CAXIAS – MA**

**2024**

Primeiramente a Deus por ser o meu provedor, a minha mãe Maria do Nascimento, meus irmãos Márcia, Marcos, Mariana e ao meu parceiro Lairton Alves que contribuíram muito na minha jornada até aqui, eu amo vocês. Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, porque sei que nada seria possível sem ele, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), por me proporcionar experiências inesquecíveis e essenciais no meu processo de formação profissional, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

Agradeço ao programa PIBIC/UEMA (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) pela bolsa e ao programa de Pesquisa de Longa Duração (PELD) na Reserva Biológica do Gurupi. Sou grata pelo suporte que tive para realizar idas e volta a campos.

Ao meu orientador Flávio Kulaif Ubaid pela orientação, por me aceitar no Laboratório, e assim me dar a oportunidade de aprender muito sobre as aves e assim me encontrar na minha paixão pela Ornitologia. Agradeço também por cada aprendizado, que foram adquiridos sem pressão, por ser tão compreensivo, por ter sido meu orientador e fazer com que o TCC não fosse um pesadelo como eu imaginava.

Aos amigos de laboratório: Kawan, Daynara, Lauan, Micael, grata por cada um de vocês pelas conversas aleatórias e momentos de descontração que compartilhamos no laboratório, em especial a minha amiga Aryna Dias Pereira, por ser uma amiga bondosa e sempre estender a mão para ajudar os outros em tudo que pode, ao meu amigo Franciel Silva Lima, expresse minha profunda gratidão por todo apoio, brigas e conselhos que você me proporcionou. A amizade de vocês foi inestimável durante todo esse meu percurso. Desde o início vocês se mostraram mais que amigos, tornando-se um apoio fundamental em minha vida acadêmica. Agradeço a Hilda Raianne Silva de Melo pela paciência que teve comigo nas identificações dos bichos, pela dedicação do seu tempo e por sempre tirar minhas dúvidas (que não são poucas) quando precisei. A Surama Pereira por sempre estar disposta ajudar e compartilhar seu conhecimento, saiba que sua ajuda foi fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa e agradeço também ao Marcos Augusto por sua amizade e por ter me levado ao laboratório de aves. Desejo que a sua recuperação seja rápida e tranquila, e que em breve possamos compartilhar muitos momentos mais felizes.

A todos os professores que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho, enriquecendo o meu processo de aprendizado, em especial ao professor

Mauro Celso Rodrigues dos Santos pelas correções e sugestões que forneceu em relação ao meu trabalho.

Aos meus colegas de curso, pelo ambiente amistoso no qual convivemos intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo de alguns e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

Às minhas amigas Tatiane e Tamires por fazerem todo esse tempo de graduação ser mais leve, as brincadeiras, os perrengues, e pelo nosso trio lindo. Tamires agradeço sinceramente por todas as vezes em que suas palavras cheias de positividade trouxeram leveza aos momentos mais desafiadores do curso, e em especial, a minha amiga Tatiane que se tornou uma pessoa muito especial na minha vida que fez e faz tanto por mim, obrigada pela amizade incondicional e por todo apoio. Obrigada por ser a confidente leal, a conselheira sábia e a companheira divertida que eu sempre precisei.

À minha família e amigos em geral que de certa forma contribuíram nessa jornada, a minha querida Mamis 2 que me dava uma pequena mesada no início do curso para me ajudar nas despesas, a minha vó Francisca, meus irmãos Márcia, Marcos e Mariana e em especial a minha mãe Maria do Nascimento, a qual fez de tudo para eu conseguisse ir até o final, por não deixar nada faltar, por me escutar e me aconselhar ao me ver chorar, mãe eu te amo muito, gratidão.

Ao meu parceiro e melhor amigo Lairton, por estar sempre ao meu lado quando preciso, por me apoiar e ajudar em tudo, por escutar minhas apresentações de trabalho mesmo sem entender nada das minhas explicações nos ensaios, enfim, obrigada por acreditar tanto em mim. A sua presença na minha vida é um verdadeiro presente, e eu me sinto muito abençoada por ter você como meu marido.

*“Tudo posso naquele que me fortalece”*

*(Filipenses 4:13)*

## RESUMO

As aves representam um grupo muito diversificado, constituído por diferentes guildas tróficas (ex. insetívoros, frugívoros, nectarívoros, onívoros), que exploram diferentes recursos alimentares e ocupam micro-habitats variados. Essas aves insetívoras desempenham um papel fundamental nos ecossistemas como bioindicadores de saúde ambiental. No entanto, são suscetíveis aos efeitos negativos da perturbação e fragmentação do habitat. O monitoramento acústico passivo, utilizando gravadores autônomos, é uma ferramenta não invasiva e eficaz que permite estudar essas aves, oferecendo uma solução prática e de baixo custo para avaliar aspectos da interação acústica de uma comunidade ao longo do tempo. Desta forma, este trabalho teve como objetivo geral caracterizar o nicho acústico espectral e temporal das aves insetívoras de sub-bosque da Reserva Biológica do Gurupi. Foram instalados dois gravadores autônomos para registros das vocalizações das espécies. Os gravadores foram programados para gravar 1 minuto de áudio a cada 4 minutos de intervalo, durante 24 horas por dia, e foram revisados em intervalos de aproximadamente dois meses para substituição das pilhas e do cartão de memória. A identificação e catalogação das vocalizações foi feita utilizando a plataforma RFCx-ARBIMON, e as medidas de limite do nicho acústico das espécies foram obtidas através da medição de variáveis acústicas utilizando o software Raven Pro 1.5. Foram identificadas 11 espécies de aves insetívoras de sub-bosque, pertencentes a quatro famílias. Dessas, uma espécie é endêmica do Centro de Endemismo Belém (CEB). Os resultados mostram que as características temporais e espectrais dos cantos de aves influenciam a forma como elas ocupam o espaço sonoro, como por exemplo, *Cercomacra cineracens* e *Myrmotherula menetriesii* cantam no mesmo tempo e em frequências diferentes, outras espécies como *Formicivora grisea* e *Formicarius analis*, cantam no mesmo tempo e faixa de frequência entre 1600 a 2000 Hz. Esse comportamento pode estar relacionado à competição, podendo gerar pressão seletiva para que as espécies desenvolvam características que minimizem a interferência entre elas. Esses resultados são cruciais para compreender a comunicação vocal de aves insetívoras, fornecendo informações relevantes para conservação e estudos futuros. Conclui-se que com uso dos gravadores autônomos foi possível identificar as detecções das vocalizações das aves registradas em um acervo de gravações de áudio passivas e determinar os parâmetros sonoros das espécies de aves insetívoras de sub-bosque registrada na REBIO Gurupi.

**Palavras-chave:** bioacústica; diversidade acústica; paisagem acústica.

## ABSTRACT

Birds represent a very diverse group, made up of different trophic guilds (e.g. insectivores, frugivores, nectarivores, omnivores), which exploit different food resources and occupy varied microhabitats. These insectivorous birds play a fundamental role in ecosystems as bioindicators of environmental health. However, they are susceptible to the negative effects of habitat disturbance and fragmentation. Passive acoustic monitoring is therefore a non-invasive and effective tool for studying these birds, especially in remote areas. The general aim of this study was to characterize the spectral and temporal acoustic niche of the understory insectivorous birds of the Gurupi Biological Reserve. Two autonomous recorders were installed to record the vocalizations of the species. The recorders were programmed to record 1 minute of audio every 4 minutes, 24 hours a day, and were checked at intervals of approximately two months to replace the batteries and memory card. The vocalizations were identified and catalogued using the RFCx-ARBIMON platform, and measurements of the species' acoustic niche boundaries were obtained by measuring acoustic variables using the Raven Pro 1.5 software. Eleven species of understory insectivorous birds were identified, belonging to four families. Of these, one species is endemic to the Belém Endemism Center (CEB). The results show that the temporal and spectral characteristics of bird songs influence the way they occupy the sound space, for example, *Cercomacra cineracens* and *Myrmotherula menetriesii* sing at the same time and at different frequencies, other species such as *Formicivora grisea* and *Formicarius analis*, sing at the same time and frequency range between 1600 and 2000 Hz. This behaviour may be related to competition, and may generate selective pressure for the species to develop characteristics that minimize interference between them. These results are crucial to understanding the vocal communication of insectivorous birds, providing relevant information for conservation and future studies. It is concluded that using the autonomous recorders it was possible to identify the detections of the vocalizations of the birds recorded in a collection of passive audio recordings and to determine the sound parameters of the species of understory insectivorous birds recorded at REBIO Gurupi.

**Keywords:** bioacoustics; acoustic diversity; acoustic landscape.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	15
<b>2.1. Avifauna</b>	15
<b>2.2. A bioacústica</b>	15
<b>2.3 Monitoramento acústico passivo</b>	16
<b>3 METODOLOGIA</b>	17
<b>3.1 Área de estudo</b>	17
<b>3.2 Coleta de dados</b>	18
<b>3.3 Análises</b>	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	20
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	31
<b>REFERÊNCIAS</b>	33

## 1 INTRODUÇÃO

As aves representam um grupo muito diversificado, constituído por diferentes guildas tróficas (ex. insetívoros, frugívoros, nectarívoros, onívoros), favorecendo a exploração de vários recursos alimentares e a necessidade de diferentes micro-habitats ocupados (Loiselle; Blake, 1990; Sick, 1997). Dentre as categorias tróficas mais representativas no sub-bosque de florestas tropicais, se destacam os insetívoros (Cueto; Casenave, 2000; Develey; Peres, 2000), sendo favorecidas por uma grande disponibilidade de presas (insetos e outros animais invertebrados).

Esse grupo desempenha um papel fundamental nos ecossistemas (Develey; Peres, 2000), atuando principalmente no controle biológico. Além disso, são excelentes bioindicadores de qualidade ambiental, por estarem relacionados às múltiplas funções ecológicas (Aguiar; Cavalcanti, 2008), e apresentam extrema sensibilidade às variações ambientais, demonstrando forte dependência de ecossistemas florestais (Stouffer; Bierregaard, 1995). Nesse contexto, o advento do Monitoramento Acústico Passivo (MAP), empregando gravadores autônomos, oferece uma solução prática e de relativo baixo custo para avaliar aspectos da interação acústica de uma comunidade ao longo do tempo (Sugai et al., 2019).

Essa técnica possibilita o estudo dos processos envolvidos na interação acústica de espécies de aves por meio da utilização de gravadores autônomos, dentre as principais vantagens desse método, pode-se citar: é uma técnica não-invasiva e pode ser utilizada em locais remotos ou em áreas com baixa detecção visual (Sueur *et al.*, 2014); os gravadores podem permanecer amostrando por longos períodos durante 24 horas por dia, o que seria inviável para observadores humanos (Darras *et al.*, 2018).

Diante dessas vantagens e sendo indispensáveis para medidas de conservação e manutenção da avifauna, o uso de gravadores autônomos torna-se uma poderosa ferramenta para monitoramentos a longo prazo. Principalmente em áreas com alto índice de degradação, como é o caso da Amazônia maranhense, que atingiu uma perda de 75% de sua vegetação original (Celentano *et al.*, 2017). Da vegetação remanescente, 76% está localizada em áreas protegidas, representadas em sua maioria por terras indígenas (Celentano *et al.*, 2018; Paiva *et al.*, 2020).

Portanto, a expansão de estudo sobre a estrutura acústica das comunidades é importante para a compreensão e conservação da biodiversidade. Com o desenvolvimento de tecnologias de sensores acústicos, o MAP oferece uma nova maneira de aprender sobre

ciência e conservar a biodiversidade, identificar e monitorar espécies individuais para a análise e descrição da paisagem sonora (Blumstein *et al.*, 2011; Krause; Farina, 2016; Pavan *et al.*, 2015).

As gravações acústicas podem desempenhar um papel crucial na superação do déficit Hutchinsoniano e no preenchimento das lacunas no conhecimento da biodiversidade em larga escala (Hutchinson, 1957; Hortal *et al.*, 2015). Essas gravações acústicas formam um enorme banco de dados que pode ser utilizado por muito tempo, analisado sob diversas perspectivas e por muitos pesquisadores e, por isso, vêm sendo consideradas "cápsulas do tempo" e serão importantes para comparações nas próximas décadas (Sugai; Llusia, 2019).

Esses dados acústicos registram informações sobre o nicho acústico das espécies ao longo dos anos. O nicho acústico é definido como a porção do espaço acústico em que um sinal é transmitido corretamente entre o emissor e receptor, provocando uma resposta comportamental almejada, e é usualmente calculado com base nas três dimensões do som: frequência, tempo e intensidade (Krause, 1993; Schneider *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2020). Com isso, um ambiente acústico pode ser particionado tanto temporal como espectralmente, diminuindo assim as probabilidades de mascaramento (Planqué; Slabbekoorn, 2008; Schmidt; Balakrishnan, 2014).

Nesse contexto, as análises desses dados acústicos permite uma compreensão mais profunda da dinâmica da comunicação sonora entre as espécies, a comunicação acústica pode envolver uma ampla gama de processos essenciais para um organismo, como a atração de parceiros, manutenção de territórios ou defesa contra predadores (Both; Grant, 2012). Além disso, essa comunicação pode ser utilizada em outras diversas funções, como manter um bando de aves durante o voo ou mesmo aceitar ou recusar interações sociais entre indivíduos (Bradbury; Vehrencamp, 2011).

Diante disso, esse trabalho teve como principal objetivo caracterizar o nicho acústico espectral e temporal das aves insetívoras de sub-bosque da Reserva Biológica do Gurupi (REBIO Gurupi). Especificamente, os objetivos foram: (1) catalogar as detecções das vocalizações das espécies de aves insetívoras de sub-bosque registradas em um acervo de gravações de áudio passivas; (2) determinar os limites espectrais dos nichos acústicos de cada espécie de ave insetívora de sub-bosque, com base nas frequências de suas vocalizações.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Avifauna**

A região Neotropical possui a maior diversidade de espécies de plantas e animais no mundo (Tundisi; Tundisi, 2008). Esse montante, coloca o Brasil entre os três países com a maior diversidade de aves (Develey, 2021), abrigando 1.971 espécies, incluindo tanto as espécies que residem no país (residentes), isto é, aves que se reproduzem aqui, quanto aves visitantes (migratórias), que se reproduzem em outro país (Pacheco *et al.*, 2021).

O Estado do Maranhão, inserido nesse contexto, tem um importante papel no cenário mundial, por incluir uma área de transição ecológica entre os biomas da Caatinga e Amazônia, com uma extensa área de Cerrado na região intermediária, que vem sofrendo atualmente com as ações antrópicas voltadas especialmente para a mineração e agropecuária (Mourão, 2022). E áreas assim, localizadas em zonas de transição entre biomas, sustentam uma biodiversidade rica e única (Schilthuizen, 2000). Nesse sentido, o Maranhão é considerado um estado que apresenta uma grande riqueza de avifauna, atualmente com 760 espécies de aves registradas (Silva, 2021).

A avifauna da Reserva Biológica do Gurupi, situada no Estado do Maranhão é rica e diversificada, possuindo em torno de 424 espécies (Lima *et al.*, 2014), dentre essas espécies de aves registradas na REBIO do Gurupi, 18 são consideradas endêmicas da região (Lima *et al.*, 2014). Isso representa aproximadamente 21,5% das espécies de aves do Brasil, o que torna a reserva um local de grande importância para a conservação da avifauna.

Avifauna da Reserva do Gurupi é pouco conhecida (Lima *et al.*, 2014). Diante disso, este trabalho é pioneiro, utilizando-se gravadores autônimos na REBIO do Gurupi, com intuito de documentar a avifauna em tempo integral por um período determinado, ao empregar essa metodologia inovadora, esta pesquisa busca preencher uma lacuna no conhecimento científico, oferecendo uma abordagem complementar e aprofundada para entender a ecologia e o comportamento das aves nesse ambiente específico, podendo dessa forma servir como subsídios para a realização de outros trabalhos na região.

### **2.2 A bioacústica**

A bioacústica é a ciência que estuda como os animais se comunicam entre si por meio de manifestações sonoras e como este som é transmitido e captado pelo receptor

(Pavan, 2008). Para que aconteça uma comunicação, o emissor precisa codificar uma mensagem em sinal, para que ele seja transmitido através de um meio e que seja captado por um receptor (Shannon; Weaver, 1949). Com isso, ao receber o sinal o receptor pode interpretar e ajustar o seu comportamento (Bradbury; Vehrencamp, 2011). Estudos dos sons produzidos pelos animais têm sido amplamente utilizados com aves, tendo aumentado o número de estudos que a aplicam nas últimas décadas devido ao seu caráter não invasivo e relativamente baixo custo (Gomez *et al.*, 2023).

A comunicação sonora pode ser utilizada por diversos grupos de animais, incluindo as aves, anfíbios e insetos, possibilitando que se comuniquem longe uns dos outros, reduzindo assim o gasto energético na busca ativa por parceiros sexuais (Bailey, 1991; Claridge, 2006). Para o grupo das aves, a comunicação sonora forma a base das interações sociais, desde a escolha do parceiro, alerta contra predadores, localização de filhotes, defesa de territórios etc. (Bradbury; Vehrencamp, 2011).

A maioria dos animais são mais fáceis de ouvir do que de ver, seja devido ao seu pequeno tamanho, camuflagem, padrões de atividade etc. Favorecendo a bioacústica como uma excelente ferramenta de pesquisa e de captação de dados essenciais em estudos de biodiversidade (Pijanowski *et al.*, 2011).

### **2.3 Monitoramento Acústico Passivo**

O Monitoramento Acústico Passivo é uma ferramenta poderosa para o monitoramento da biodiversidade, possibilitando uma variedade de aplicações ecológicas, comportamentais e de conservação (Farina; Gabe, 2017, Wrege *et al.*, 2017, Linke *et al.*, 2018). Os gravadores autônomos, frequentemente empregados em estudos de MAP apresentam várias vantagens na sua utilização e tornaram-se populares nos últimos anos, mostrando-se muito eficazes (Zwart *et al.*, 2014).

Os gravadores autônomos são úteis para o estudo da paisagem sonora, a qual se refere ao conjunto de sons bióticos e abióticos que caracterizam um determinado ambiente. Esse tipo de análise é importante para avaliar a diversidade acústica de toda a fauna local e entender como seus sons competem entre si e com o ruído ambiental de fundo. Dessa forma, é possível inclusive monitorar a qualidade de um ecossistema diante das influências de humanos (Pavan, 2008; Blumstein *et al.*, 2011).

Atualmente, há muitos estudos utilizando gravadores autônomos para detecção de aves, que são unânimes ao concluir que o MAP é uma técnica eficiente e muito útil. Como exemplo, o trabalho de Pugliano (2021), que com uso de gravadores autônomos para

detecção de espécies de aves noturnas em paisagens fragmentadas de Mata Atlântica, obteve resultados positivos. Outra pesquisa relevante, é o estudo conduzida por Acevedo *et al.*, (2006), que também mostrou que este sistema é mais eficaz no mapeamento tanto de aves quanto de anfíbios do que os métodos tradicionais, registrando mais espécies.

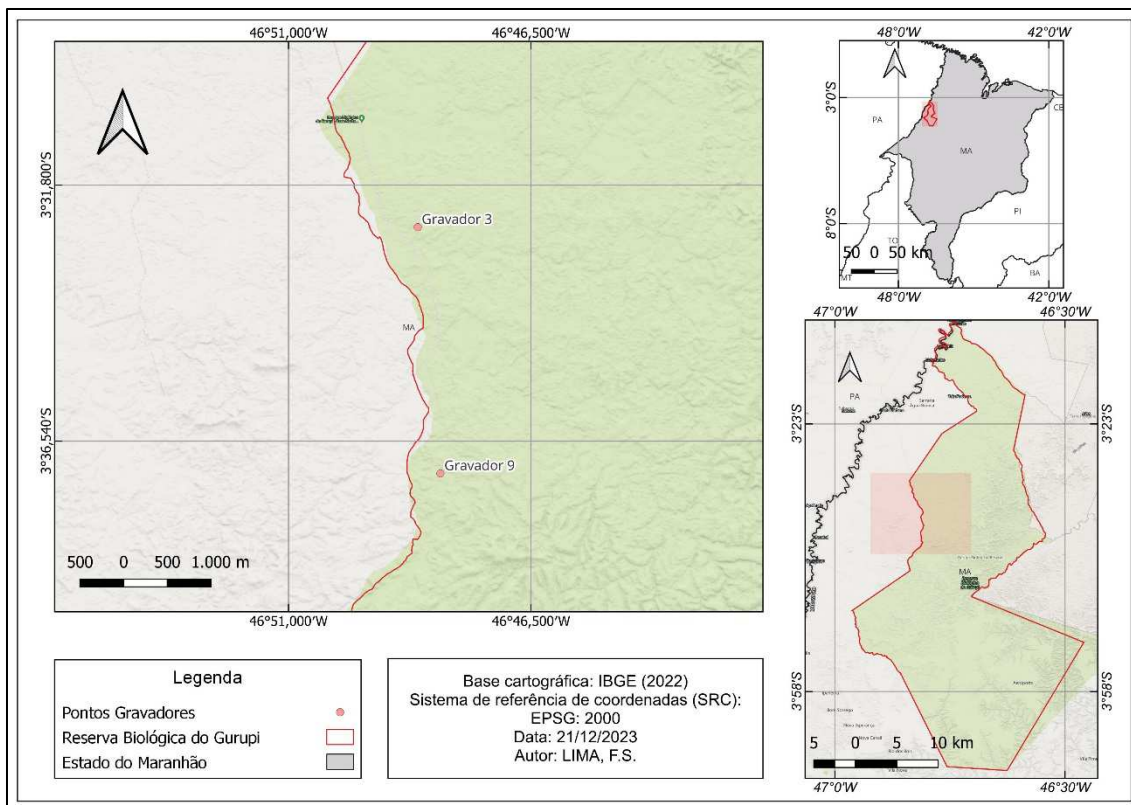
### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido na Reserva Biológica (REBIO) do Gurupi, a única unidade de conservação de proteção integral do Centro de Endemismo Belém, localizada na Amazônia Oriental, no oeste do Estado do Maranhão (Figura 1). Esta unidade de conservação está localizada em região de clima tropical com inverno seco, temperatura média anual acima de 26°C e precipitação no mês mais seco abaixo de 60 mm (Alvares *et al.*, 2013).

A REBIO Gurupi abrange os municípios de Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim e São João do Caru, possui grandes fragmentos de vegetação primária e secundária em regeneração que abrigam uma alta diversidade biológica, com inúmeras espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção (Paiva *et al.*, 2020).

**Figura 1.** Pontos de amostragem com gravadores autônomos na Reserva Biológica do Gurupi, Maranhão, Brasil.



### 3.2 Coleta de dados

Os dados acústicos foram coletados em paisagens heterogêneas de fragmentos da Amazônia, durante os meses de setembro de 2022 a março de 2023. Foram instalados dois gravadores autônomos, modelo AudioMoth, processador Gecko EFM32, em dois fragmentos de vegetação, uma área conservada (P3) e uma área queimada (P9) na REBIO Gurupi. Os gravadores foram programados para gravações de 1 minuto de áudio a cada 4 minutos de intervalo, durante 24 horas por dia em uma taxa de amostragem de 48 kHz e 16 bits, no formato WAVE, e foram revisados em intervalos de aproximadamente dois meses para substituição das pilhas e do cartão de memória.

Os gravadores estavam protegidos dentro de cases plásticas impermeabilizadas e foram instalados em árvores a aproximadamente 1,5 m de altura do solo (Figura 2). Em laboratório, todos os dados foram armazenados na plataforma RFCx- ARBIMON (Lebien *et al.*, 2020) e em seguida foram ouvidos para a identificação das espécies de aves. A plataforma RFCx- ARBIMON é gratuita e permite o armazenamento dos dados de áudio coletados em campo.

**Figura 2.** Gravador autônomo AudioMoth instalado na REBIO Gurupi.

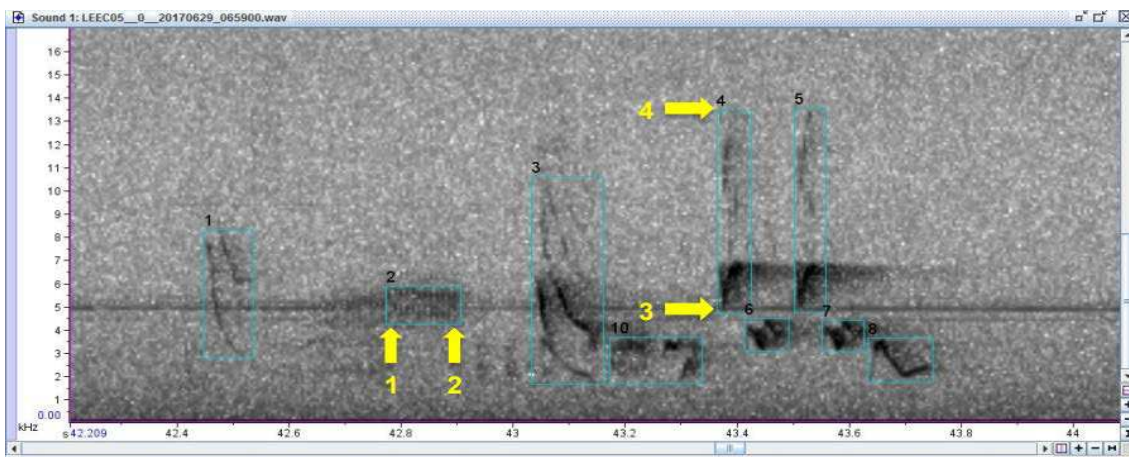
### 3.3 Análises

Utilizamos dados de uma semana de registros sonoros de cada área, dos dias 18 à 24 de setembro de 2022, totalizando 4.032 arquivos de 1 min para cada uma, ou seja, ao

final foram analisadas 67,2h de gravações para cada área, totalizando 134,4h.

A identificação e catalogação de vocalizações registradas nas gravações foram feitas utilizando a plataforma RFCx-ARBIMON (Lebien *et al.*, 2020). As medidas de limite do nicho acústico das espécies foram obtidas através da medição das variáveis acústicas utilizando o software Raven Pro 1.5 (Bioacoustics Research Program, 2014), onde foram extraídos cinco parâmetros de cada um dos sinais localizados: tempo inicial, tempo final, frequência máxima, frequência mínima e frequência dominante, a partir de caixas de seleções em cada sinal acústico (Figura 3). Os dados foram submetidos a análises estatísticas utilizando o software Jamovi (Jamovi, 2023), para construção dos gráficos das médias das frequências mínima, máxima e pico de frequência, e o software Rstudio para produção dos gráficos de retângulo.

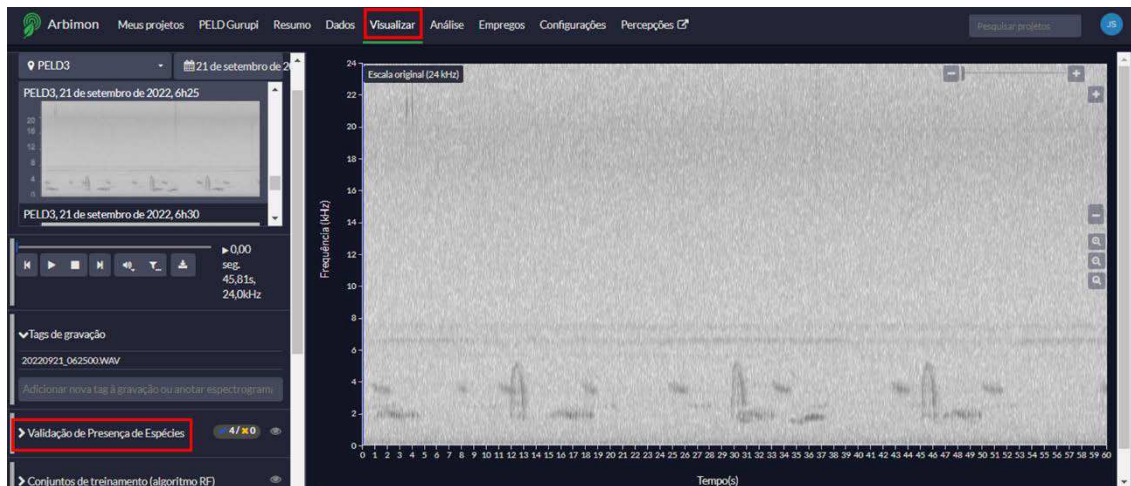
**Figura 3:** Visualização do espectrograma no software Raven Pro 1.5, demonstrando as seleções dos sinais acústicos (quadros em azul) e os parâmetros analisados: (1) tempo inicial, (2) tempo final, (3) frequência mínima e (4) frequência máxima, no qual o eixo x representa o tempo (s) e o eixo y a frequência (kHz).



**Fonte:** Albuquerque, 2019.

A plataforma RFCx-ARBIMON foi utilizada para identificar e validar as espécies nas gravações, na seção validação de presença de espécies na guia visualizador (Figura 4). Após reproduzir o canto de uma determinada espécie no espectrograma, foram feitas anotações para indicar a presença uma determinada espécie.

**Figura 4:** Recorte da tela de visualização dos espectrogramas e validação de espécies na Arbimon.



Fonte: Autoria, 2024.

A nomenclatura e a sequência taxonômica das espécies de aves seguiram a proposta do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Pacheco *et al.*, 2021). A riqueza foi determinada pelo número total de taxa amostrados. O status de conservação das espécies registradas seguiram as listas de espécies ameaçadas de extinção em nível mundial (IUCN, 2023) e nacional (ICMBio, 2022).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo, foram identificadas 56 espécies de aves, das quais 11 são aves de sub-bosque provenientes da ordem Passeriformes, de quatro famílias (Tabela 1). A família mais representativa foi Thamnophilidae (N = 8 espécies). A família Thamnophilidae é endêmica da região Neotropical, composta por aves insetívoras, com maior diversidade nas regiões de temperatura elevada.

Das 11 espécies insetívoras de sub-bosque identificadas, uma é endêmica do CEB: *Phlegopsis nigromaculata paraensis* (D'Orbigny; Lafresnaye, 1837) conhecida popularmente como mãe-de-taoca. Essa espécie é associada a ambientes florestais e, portanto, já vem sofrendo fortes reduções de seus habitats devido aos elevados índices de desmatamentos ocorridos no CEB (cerca de 76% da área total já foi desmatada) (Moraes, 2019).

Com relação, ao grau de ameaça de extinção, todas as aves insetívoras de sub-bosque identificadas possuem status LC (Least concern = pouco preocupante), no entanto, isso não significa que não haja preocupações ou desafios relacionados à sua conservação.

Como foi observado por Bierregaard; Stouffer (1997), as aves de sub-bosque são aquelas que permanecem nos fragmentos e por esta razão são mais vulneráveis às alterações antrópicas.

**Tabela 1:** Espécies de aves insetívoras de sub-bosque detectadas nos gravadores autônomos, com indicação das espécies endêmicas do Centro de Endemismo Belém (CEB) e pontos amostrais onde foram detectadas.

<b>Táxon</b>	<b>Nome popular</b>	<b>CEB</b>	<b>P3</b>	<b>P9</b>
<b>Passeriformes</b>				
<b>Thamnophilidae</b>				
<i>Myrmornis torquata</i>	pinto-do-mato-carijó		X	
<i>Myrmotherula longipennis</i>	choquinha-de-asa-comprida		X	
<i>Myrmotherula menetriesii</i>	choquinha-de-garganta-cinza		X	
<i>Formicivora grisea</i>	papa-formiga-pardo			X
<i>Thamnophilus amazonicus</i>	choca-canela			X
<i>Pyriglena leuconota</i>	papa-taoca-de-belém		X	X
<i>Cercomacra cinerascens</i>	chororó-pocua			X
<i>Phlegopsis nigromaculata</i>	mãe-de-taoca	X	X	
<b>Formicariidae</b>				
<i>Formicarius analis</i>	pinto-do-mato-de-cara-preta		X	X
<b>Platyrinchidae</b>				
<i>Platyrinchus platyrhynchos</i>	patinho-de-coroa-branca		X	
<b>Troglodytidae</b>				
<i>Pheugopedius genibarbis</i>	garrinchão-pai-avô			X

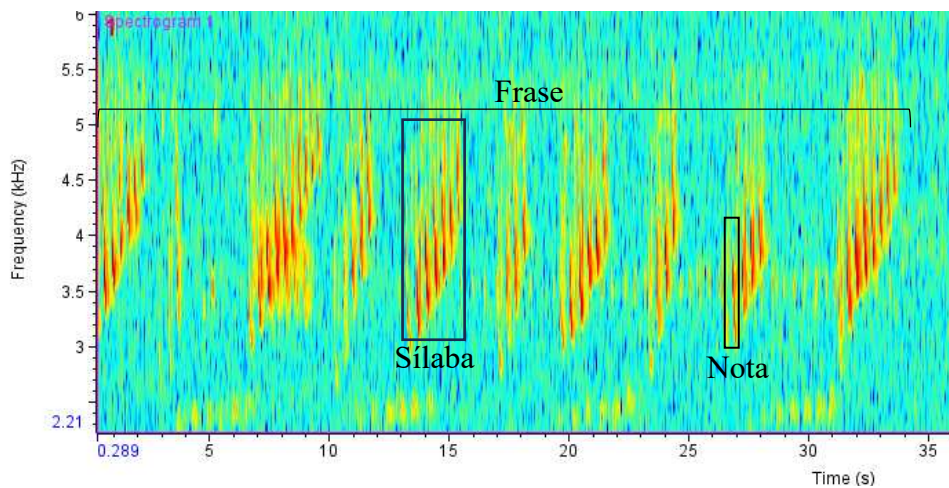
A vocalização dos pássaros é geralmente composta por chamadas e cantos. Os chamados são geralmente sons breves e isolados que estão associados a uma comunicação específica, por exemplo, podem representar um aviso para a aproximação de predador (Sick, 1997). Os cantos são padrões de vocalização mais complexos e são comumente associados ao canto territorial de pássaros machos e ao acasalamento. Neste estudo não é feita distinção entre chamados e cantos (Somervuo; Harma; Fagerlund, 2006), sendo avaliados os cantos das aves nos sonogramas e espectrogramas.

Atualmente os espectrogramas, permitem analisar nitidamente a manifestação sonora das aves, tornando possível identificar a fonética de cada canto que, de acordo com Somervuo; Harma; Fagerlund (2006), geralmente pode ser dividido da seguinte forma hierárquica:

- **Nota** - É o menor elemento de som, sem intervalo, presente no canto;
- **Sílaba** - Conjunto de uma ou mais notas. Há um pequeno intervalo entre uma sílaba e outra e normalmente elas têm o mesmo padrão;

- **Frase** - Conjunto de uma ou mais sílabas. Quando o padrão de sílabas é alterado ou quando há um grande intervalo entre uma sílaba e outra, diz-se que a frase terminou e iniciou outra.

**Figura 5:** Espectrograma do canto de *Myrmotherula longipennis*, gravado no presente estudo.



Na figura 5, é mostrado o espectrograma para um canto completo de *M. longipennis*. É possível perceber a variação da intensidade dos componentes de frequência presentes no canto, ao longo do tempo. As partes mais laranjadas formam o canto da ave.

Os limites espectrais do nicho acústico das espécies de aves insetívoras de sub-bosque registrada na REBIO Gurupi são apresentados na Tabela 2. No total foram analisados dois cantos da espécie *Myrmornis torquata* (Boddaert, 1783), dois da *Myrmotherula longipennis* (Pelzeln, 1868), quatro cantos da *Myrmotherula menetriesii* (d'Orbigny, 1837), dois cantos da *Formicivora grisea* (Boddaert, 1783), dois da espécie *Thamnophilus amazonicus* (Sclater, 1858), três cantos da *Pyriglena leuconota*, quatro cantos da *Cercomacra cinerascens* (Sclater, 1857), um da *Phlegopsis nigromaculata paraensis*, três cantos da *Formicarius analis* (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837), um da *Platyrinchus platyrhynchos* (Gmelin, 1788) e dois *Pheugopedius genibarbis* (Swainson, 1838) (Tabela 2). Logo após, foi feita as médias e o desvio padrão das frequências das vocalizações das espécies (Tabela 3).

**Tabela 2:** Faixa de frequências das espécies insetívoras de sub-bosque da REBIO Gurupi.

<b>Espécies</b>	<b>Tempo Inicial (s)</b>	<b>Tempo Final (s)</b>	<b>Duração (s)</b>	<b>Freq. Baixa (Hz)</b>	<b>Freq. Alta (Hz)</b>	<b>Freq. Pico (Hz)</b>
<i>M.torquata</i>	38.61	43.76	5.144	2848.2	4413.8	3.937.500
<i>M.torquata</i>	10.19	17.92	7.733	2373	4384.5	3.843.750
<i>M.longipennis</i>	31.56	33.66	2.096	3023.8	5469.7	3.937.500
<i>M.longipennis</i>	40.46	43.35	2.891	3107.9	4979	3.843.750
<i>M.menetriesii</i>	14.04	16.84	2.794	3165	4209.7	3.656.250
<i>M.menetriesii</i>	19.62	23.74	4.124	2955.9	4142.1	3.562.500
<i>M.menetriesii</i>	12.64	16.79	4.149	2856.6	3763.8	3.562.500
<i>M.menetriesii</i>	38.76	41.07	2.316	2743.6	3791.8	3.187.500
<i>F. grisea</i>	25.24	28.76	3.511	1558.9	2057.7	1.687.500
<i>F. grisea</i>	53.17	59.64	6.474	1725.9	2203.8	1.875.000
<i>T. amazonicus</i>	47.22	48.11	0.89	1174.4	1388.3	1.312.500
<i>T. amazonicus</i>	1.86	4.26	2.399	979.8	1429.3	1.218.750
<i>P. leuconota</i>	20.43	22.86	2.426	2083.8	2999.4	2.718.750
<i>P. leuconota</i>	20.69	22.85	2.162	1983.4	2904.1	2.625.000
<i>P. leuconota</i>	39.80	41.78	1.973	2126	2749.1	2.531.250
<i>P. genibarbis</i>	29.58	36.36	6.781	1360.2	4167.7	2.437.500
<i>P. genibarbis</i>	47.77	54.61	6.839	1018.4	4034.5	2.062.500
<i>P. nigromaculata</i>	27.17	29.45	2.278	2287.8	3636.1	3.187.500
<i>C.cineracens</i>	31.11	36.55	5.44	1572.8	2863.2	1.781.250
<i>C.cineracens</i>	22.09	24.04	1.949	1426	2493.1	1.781.250
<i>C.cineracens</i>	15.48	21.99	6.518	1466.1	2820.5	1.687.500
<i>C.cineracens</i>	25.84	29.73	3.885	1571.7	2874.2	2.343.750
<i>P. platyrhynchos</i>	45.13	47.52	2.39	2019	4072.1	2.906.250
<i>F. analis</i>	16.23	17.57	1.335	1769.7	2353.9	2.156.250
<i>F. analis</i>	21.89	23.35	1.453	1660.7	2384.8	2.062.500
<i>F. analis</i>	22.05	23.87	1.819	1631.4	2463.7	2.156.250

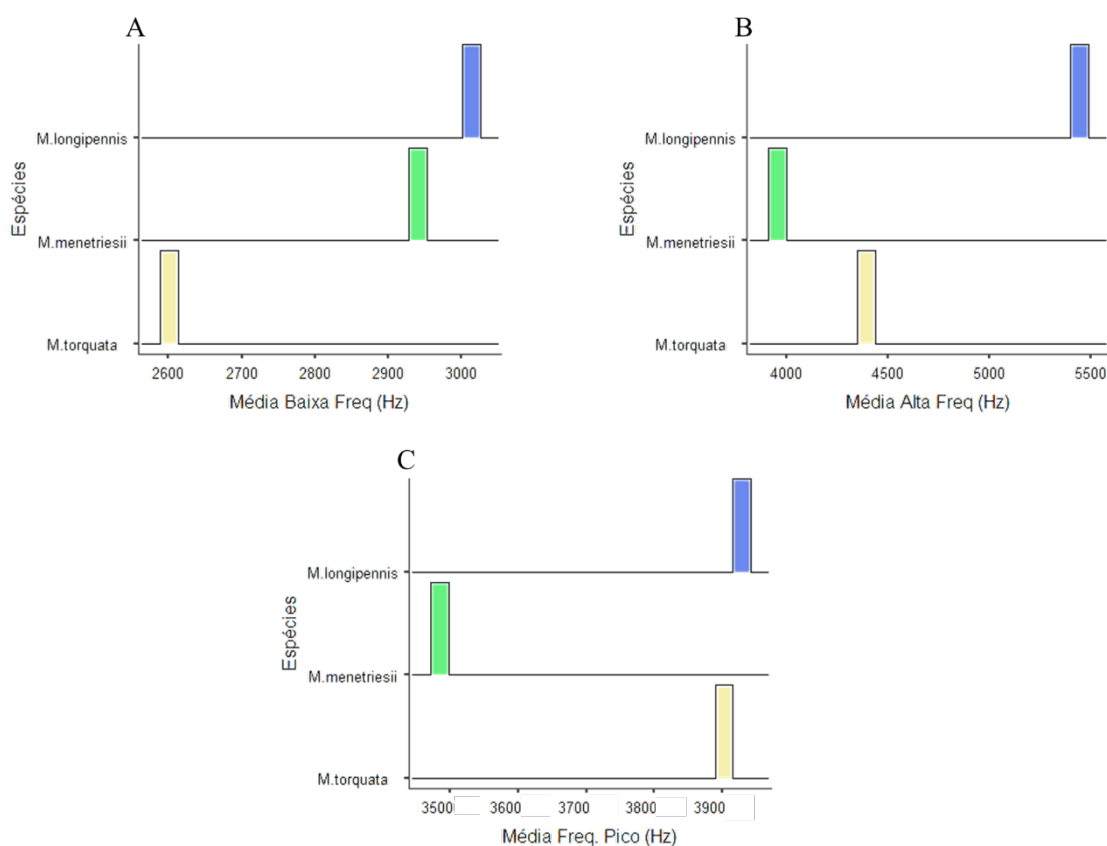
**Tabela 3:** Composição de espécies e parâmetros acústicos.

<b>Espécies</b>	<b>Média Baixa Freq (Hz)</b>	<b>SD (Hz)</b>	<b>Média Alta Freq (Hz)</b>	<b>SD (Hz)</b>	<b>Média Freq. pico (Hz)</b>
<i>M.torquata</i>	2610.6	336	4399.1	20.7	3.890.625
<i>M.longipennis</i>	3065.85	59.47	5224.35	346.98	3.890.625
<i>M.menetriesii</i>	2930.2	178.9	3976.8	231.7	3.492.188
<i>F. grisea</i>	1642.4	118	2130.7	103.3	1.781.250
<i>T. amazonicus</i>	1077.1	137.6	1408.8	28.9	1.265.625
<i>P. leuconota</i>	2064.4	73.2	2884.2	126.3	2.625.000
<i>P. genibarbis</i>	1189.3	241.6	4101.1	94.1	2.250.000

Espécies	Média Baixa Freq (Hz)	SD (Hz)	Média Alta Freq (Hz)	SD (Hz)	Média Freq. pico (Hz)
<i>P. nigromaculata</i>	2287.8	0	3636.1	0	3.187.500
<i>C.cineracens</i>	1509.1	74.6	2762.7	181.2	1.898.438
<i>P. platyrhynchos</i>	2019	0	4072.1	0	2.906.250
<i>F. analis</i>	1687.2	72.8	2400.8	56.6	2.125.000

Os gráficos das figuras 6, 7 e 8 ilustram as médias da frequência mínima (A), frequência máxima (B) e pico de frequência (C) para cada uma das espécies. A figura 6, mostra os gráficos das frequências dos cantos de três espécies de aves da família Thamnophilidae: *Myrmornis torquata*, *Myrmotherula longipennis* e *Myrmotherula menetriesii*.

**Figura 6:** Médias das frequências mínima, máxima e pico de frequência das espécies *Myrmotherula longipennis*, *Myrmotherula menetriesii* e *Myrmornis torquata*.



A Figura 6A mostra a frequência média das notas baixas (frequência fundamental) dos cantos dessas espécies. *Myrmornis torquata* apresenta a frequência média mais baixa, com aproximadamente 2600 Hz. *Myrmotherula longipennis* tem frequência média a cerca de 3000 Hz, e *Myrmotherula menetriesii* tem frequência média de 2900 Hz. A Figura 6B

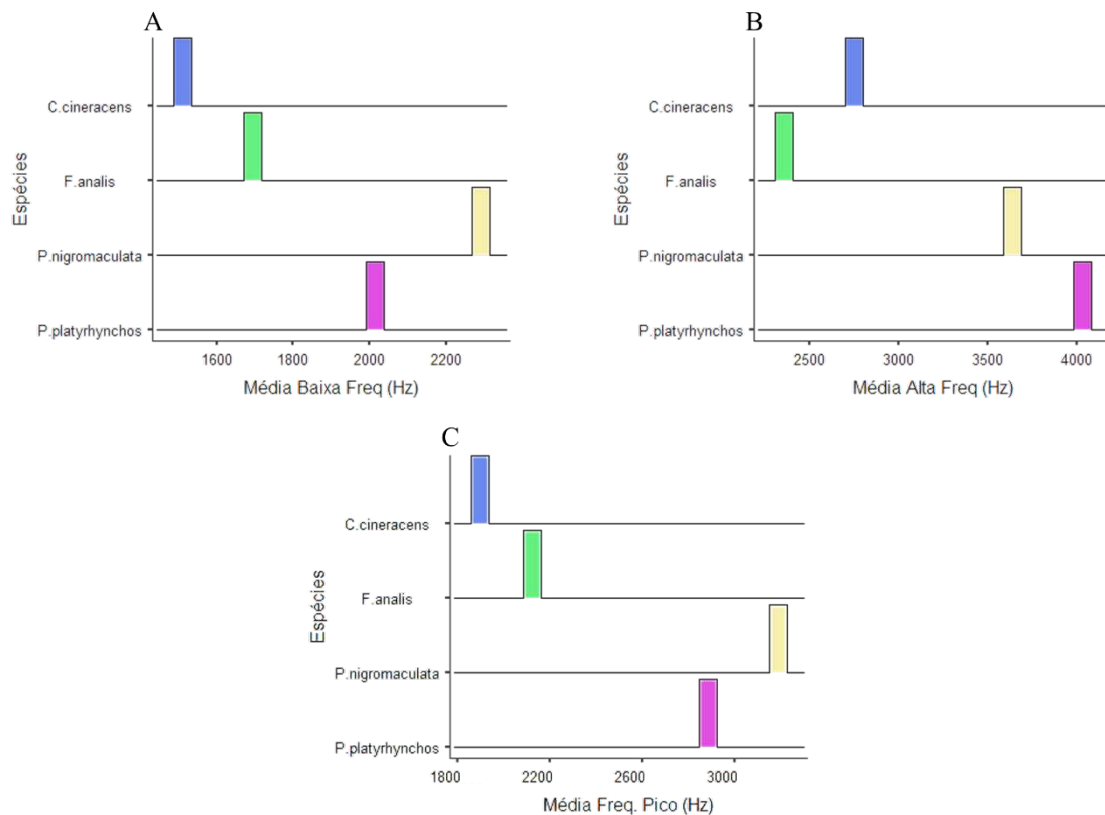
mostra a frequência média das notas baixas dos cantos dessas espécies. A *Myrmotherula longipennis* apresenta a frequência média mais alta, com mais de 5000 Hz. A *Myrmotherula menetriesii* tem frequência média de 4000 Hz, e a *Myrmornis torquata* tem frequência média alta aproximadamente de 4400 Hz. E a Figura 6C mostra a média do pico de frequência geral dos cantos dessas espécies. A *Myrmotherula menetriesii* apresenta a média do pico de frequência mais baixa, com 3500 Hz. As espécies *Myrmotherula longipennis* e *Myrmornis torquata* apresentaram uma média de frequência de aproximadamente 3900 Hz.

Essas diferenças na frequência dos cantos podem estar relacionadas a diferentes fatores, como a habitat, a dieta e a comunicação entre as espécies. Por exemplo, espécies que vivem em florestas mais densas podem apresentar cantos com frequências mais altas, pois isso facilita a propagação do som. O estudo de Pacifici e colaboradores (2008), mostrou que de fato, a detectabilidade das aves varia de acordo com diversos fatores, entre eles a presença de vegetação, uma vez que a elevada densidade de árvores e arbustos num habitat reduz sua probabilidade de detecção.

Os gráficos apresentados na Figura 7 mostram as frequências médias dos cantos de quatro espécies de aves registradas na área de estudo: *Cercomacra cineracens*, *Formicarius analis*, *Phlegopsis nigromaculata* e *Platyrinchos platyrhynchos*. A espécie *Cercomacra cineracens* (chororó-pocué) tem uma frequência média baixa aproximadamente de 1500 Hz. A frequência média do pico é de cerca de 1900 Hz.

A espécie *Formicarius analis* (pinto-do-mato-da-cara-preta) tem uma frequência média baixa do canto perto de 1600 Hz e tendo uma frequência média do pico de 2200 Hz. A *Phlegopsis nigromaculata* (mãe-de-taoca) tem uma frequência média baixa a cerca de 2200 Hz. Apresentando uma frequência média do pico maior que 3000 Hz. *Platyrinchos platyrhynchos* (patinho-de-coroa-branca) tem uma frequência média baixa próximo de 2000 Hz. A frequência média do pico é de 2900 Hz.

**Figura 7:** Médias das frequências mínima, máxima e pico de frequência das espécies *Cercomacra cineracens*, *Formicarius analis*, *Phlegopsis nigromaculata* e *Platyrinchos platyrhynchos*.

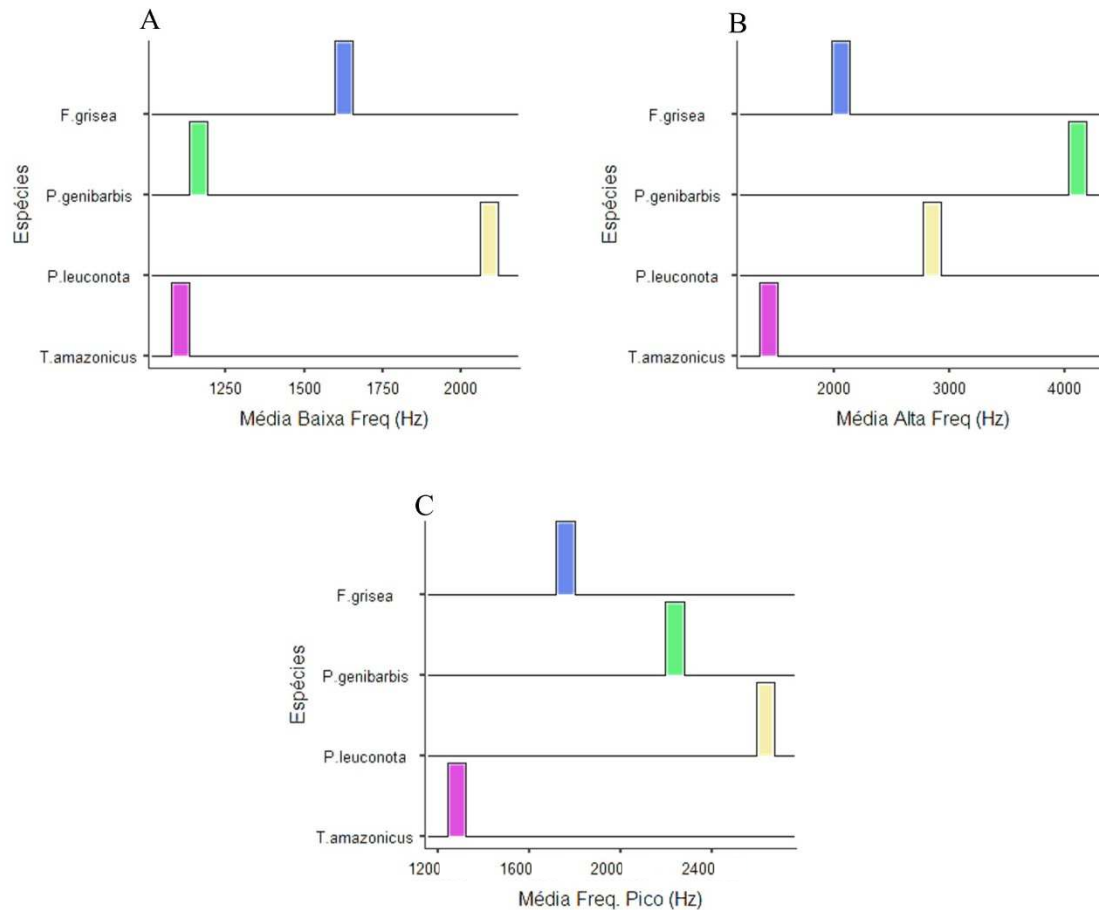


As frequências de aves são emitidas por suas cordas vocais, que são formadas por músculos e cartilagens (Lovette; Fitzpatrick, 2016). O comprimento e a espessura dessas estruturas influenciam a frequência do som produzido. Dessa forma, as frequências dos cantos de aves podem variar também de acordo com a espécie, o sexo, o tamanho e a idade do indivíduo (Barker, 2008). No caso das quatro espécies apresentadas na imagem, observa-se que as frequências médias dos cantos são relativamente baixas. Isso pode ser devido ao fato de que estas espécies vivem em áreas florestais densas, onde as frequências mais altas podem ser mascaradas pela vegetação.

Os gráficos apresentados na Figura 8 mostram as frequências dos cantos de quatro espécies de aves passeriformes da Amazônia brasileira: *Formicivora grisea*, *Pheugopedius genibarbis*, *Thamnophilus amazonicus* e *Pyriglena leuconota*. A Figura 8A, mostra as médias das frequências baixas e a Figura 8B as frequências altas dos cantos dessas espécies. As frequências baixas são definidas como o intervalo de frequências entre 1000 e 2000 Hz, enquanto as frequências altas têm o intervalo de aproximadamente 1400 e 4000 Hz. A Figura 8C, mostra as médias das frequências de

pico dos cantos dessas espécies. A frequência de pico é definida como a frequência mais alta do canto.

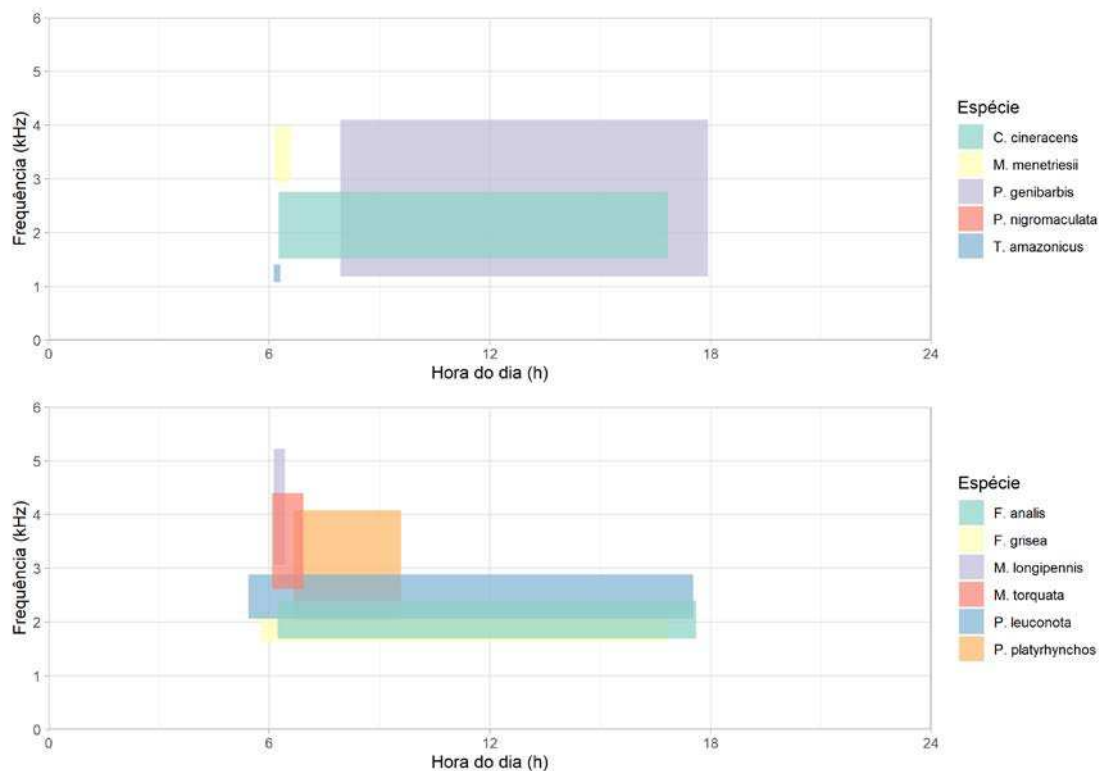
**Figura 8:** Médias das frequências mínima, máxima e pico de frequência das espécies *Formicivora grisea*, *Pheugopedius genibarbis*, *Pyriglena leuconota* e *Thamnophilus amazonicus*.



Os resultados apresentados nos gráficos da Figura 8 sugerem que as frequências dos cantos de aves passeriformes da Amazônia brasileira são relativamente estreitas, com valores concentrados em uma faixa relativamente pequena. Observa-se que as frequências de pico dos cantos de todas as espécies estão concentradas na faixa entre 1200 e 2600 Hz. Segundo Morton (1975) normalmente espécies que vivem mais próximas ao chão tendem a emitir sinais sonoros com menores frequências. Os sons de baixa frequência alcançam maiores distâncias e são menos afetados por obstáculos como árvores, folhas, galhos, troncos e rochas e aqueles de alta frequência tendem a ser mais facilmente dispersos ou absorvidos por materiais e obstáculos, e podem ser mais facilmente afetados por condições ambientais como o vento e altas temperaturas. (Morton, 1975). A espécie *Thamnophilus amazonicus* apresenta a menor frequência de pico, seguida por *Formicivora grisea*, *Pheugopedius genibarbis* e *Pyriglena leuconota*.

A partição do canto dos pássaros pode ocorrer tanto no domínio espectral quanto no temporal, ou em ambos. Para ajudar a ilustrar como essas duas direções de partição determinam os nichos das espécies na paisagem sonora da floresta, traçamos as faixas temporal e espectral das 11 espécies observadas em nosso estudo (Figura 9). Na imagem, o gráfico tempo-frequência mostra a distribuição temporal e espectral das espécies de aves. O eixo horizontal representa o tempo, enquanto o eixo vertical representa a frequência. As cores representam as diferentes espécies de aves.

**Figura 9:** Gráfico de frequência temporal mostrando um exemplo de nichos espectral e temporal de espécies de aves insetívoras de sub-bosque da REBIO do Gurupi.




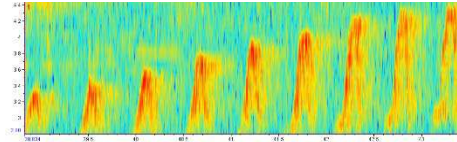

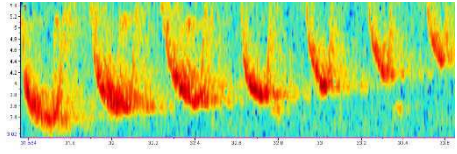

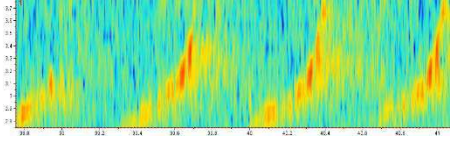

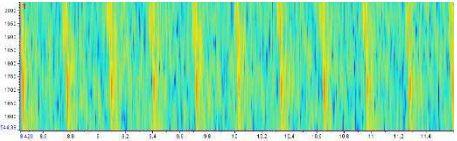

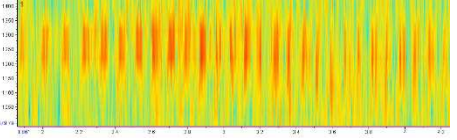

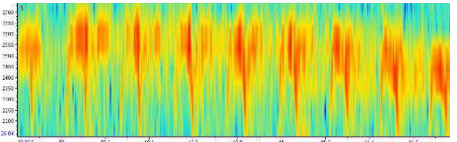

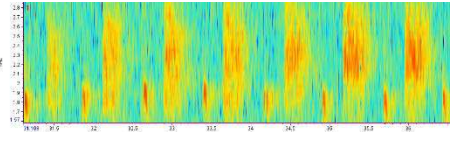
Os resultados destacados na figura 9 fornecem uma representação clara de como as características temporais e acústicas do canto das aves influenciam o nicho de cada espécie dentro da paisagem sonora de seu ambiente natural. No gráfico, podemos observar a frequência de canto de diferentes espécies de aves ao longo do dia, e que as espécies cantam em diferentes momentos do dia e em diferentes frequências. Por exemplo, *T. amazonicus* e *M. menetriesii* cantam principalmente pela manhã, enquanto outras, como *C. cineracens* e *F. analis* cantam em todo o período diurno.


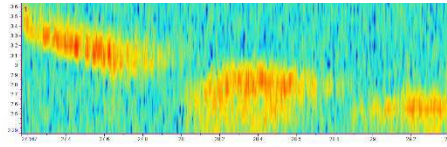

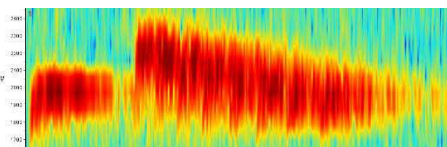

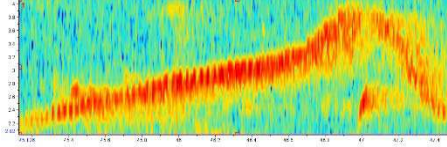

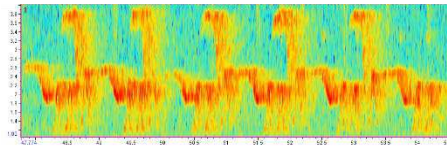
Além disso, algumas espécies cantam no mesmo tempo, mas em frequências diferentes, como é o caso de *C. cineracens* e *M. menetriesii*. Uma hipótese a ser levantada é que isso pode ajudar as aves a se comunicar com membros da mesma espécie. Por exemplo, se duas espécies que cantam na mesma frequência cantarem em horários diferentes, elas podem usar esses horários para se comunicar com membros da sua própria espécie e assim, evitar a sobreposição do nicho acústico. Alinhado com essas observações, o estudo conduzido por Krause (1993) mostrou que a Hipótese do Nicho Acústico (HNA) prediz que as espécies evitam emitir sinais acústicos ao mesmo tempo ou na mesma faixa de frequência, a fim de que não haja sobreposição de sons. E que essa sobreposição pode prejudicar a comunicação entre os indivíduos da mesma espécie, dificultando a identificação de parceiros ou territórios.

A análise do gráfico também mostra que algumas espécies que cantam na mesma faixa de frequência tendem a cantar no mesmo tempo ao longo do dia, como é o caso de *F. grisea* e *F. analis*, que cantam aproximadamente na faixa de frequência de 1600 a 2000 Hz, tendem a cantar do início da manhã até o entardecer. Esse comportamento pode estar envolvido em algum tipo de competição ou comunicação entre as espécies, quando elementos compartilham características acústicas semelhantes e ocupam a mesma faixa de frequência, portanto, competindo pelo nicho acústico. Essa competição exercerá pressão seletiva para favorecer características que minimizam a interferência entre eles, resultando em uma transmissão de informações mais eficiente. Essa dinâmica pode ser encontrada em diversos contextos, como na comunicação entre animais que usam sinais sonoros (Chek; Bogart; Loughheed, 2003).

Portanto, esse trabalho é de suma importância, pois fornece informações sobre as frequências dos cantos das espécies de aves insetívoras de sub-bosque. Assim, essas informações podem ser úteis para estudos futuros da comunicação vocal de aves e para a conservação dessas espécies.

**Tabela 4:** Lista das 11 espécies de aves insetívoras de sub-bosque com suas imagens e espectrogramas, respectivamente.

Nome Científico Nome Comum	Imagem	Espectrograma
<i>Myrmornis torquata</i> Pinto-do-mato-carijó	 Fonte: Ester Ramirez, 2018	
<i>Myrmotherula longipennis</i> Choquinha-de-asa-comprida	 Fonte: Bruno Rennó, 2013	
<i>Myrmotherula menetriesii</i> Choquinha-de-garganta-cinza	 Fonte: Marco Guedes, 2013	
<i>Formicivora grisea</i> Papa-formiga-pardo	 Fonte: Gilvan moreira, 2013	
<i>Thamnophilus amazonicus</i> Choca-canela	 Fonte: Eliane Zaltman, 2022	
<i>Pyriglena leuconota</i> Papa-taoca-de-belém	 Fonte: Almir Tavora, 2015	
<i>Cercomacra cinerascens</i> Chororó-pocué	 Fonte: Luiz F. Matos, 2017	

Nome Científico Nome Comum	Imagem	Espectrograma
<i>Phlegopsis nigromaculata</i> Mãe-de-taoca		
<i>Formicarius analis</i> Pinto-do-mato-de-cara-preta		
<i>Platyrinchus platyrhynchos</i> Patinho-de-coroa-branca		
<i>Pheugopedius genibarbis</i> Garrinchão-pai-avô		

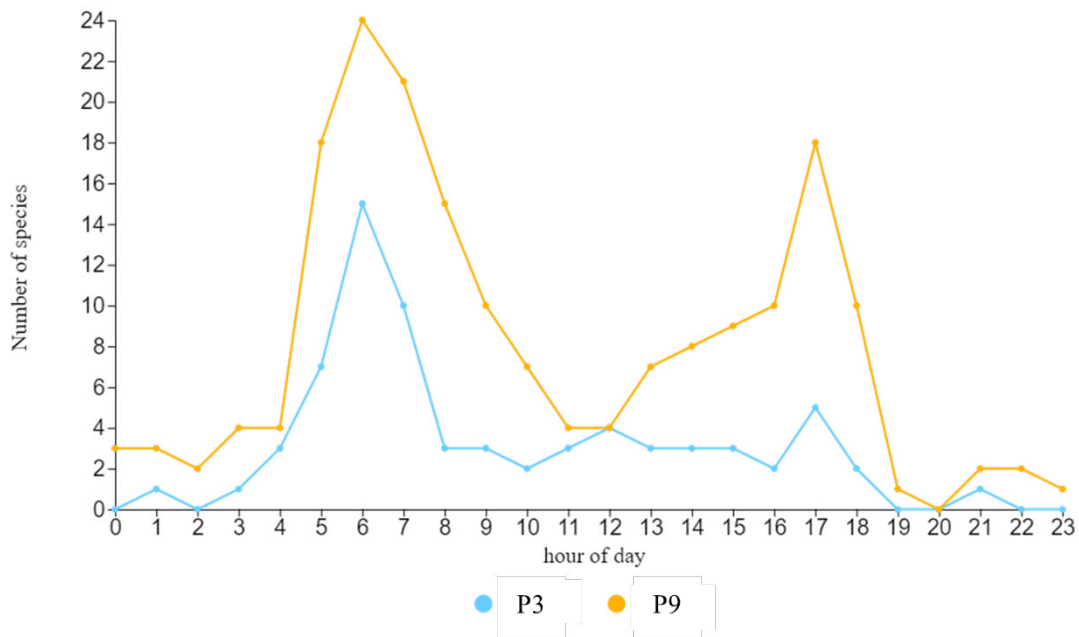
Fonte: Victor Castro, 2017

Fonte: Antônio C. Neves, 2018

Fonte: Marco Cruz, 2013

Fonte: Júlio Silveira, 2011

As aves, em geral, tendem a ser mais ativas nas primeiras horas da manhã, logo após o amanhecer, e durante o entardecer (Sick, 1997). Esses períodos podem ser considerados momentos-chave para a busca de alimentos, estabelecimento de territórios e atividades sociais, como o canto, que desempenha um papel vital nos interesses de comunicação e no estabelecimento de laços entre parceiros (Sick, 1997). Em nosso estudo, observamos que muitas espécies de aves mostravam um pico de atividade logo após o amanhecer (Figura 10), quando talvez se envolvessem em atividades de forrageio e comunicação vocal. No entanto, a atividade de algumas espécies também foi pronunciada durante o entardecer. Uma explicação para isso pode ser uma dinâmica de atividade das aves em que estão em busca por alimentos e até mesmo evitando predadores. Um estudo publicado por Melo e Piratelli (1999) mostrou que no início da manhã as espécies saem a procura de alimento e, uma vez saciados, diminuem a atividade, o que pode também estar relacionado à elevação da temperatura. Ao entardecer, com temperaturas mais amenas, retornam ao forrageio.

**Figura 10:** Pico de atividades das aves insetívoras de sub-bosque.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uso dos gravadores autônomos foi possível identificar as detecções das vocalizações das aves registradas em um acervo de gravações de áudio passivas e determinar os parâmetros sonoros das espécies de aves insetívoras de sub-bosque registrada na REBIO Gurupi. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que há evidências para a competição do nicho acústico, como mostrou nas espécies com frequências de canto semelhantes *Formicivora grisea* e *Formicarius analis*, que cantam aproximadamente na faixa de frequência de 1600 a 2000 Hz do início da manhã até o entardecer. Esse comportamento pode estar relacionado à competição, podendo gerar pressão seletiva para que as espécies desenvolvam características que minimizem a interferência entre elas. O estudo também mostrou que as espécies cantam de forma relativamente uniforme ao longo do dia, mas existem algumas que se destacam por cantarem em horários específicos. Por exemplo, *T. amazonicus* e *M. menetriesii* cantam principalmente pela manhã, enquanto outras, como *C. cineracens* e *F. analis*, cantam em todo o período diurno. Estas descobertas sobre o nicho acústico e da sobreposição em aves demonstram a importância de pesquisas nessa área para a compreensão de seu comportamento e a implementação de medidas de conservação eficazes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M.A.; VILLANUEVA-RIVERA, L.J. Using Automated Digital Recording Systems as Effective Tools for the Monitoring of Birds and Amphibians. **Wildlife Society Bulletin**, v. 34, p.211-214, 2006.
- AGUIAR, C.A.L.; CAVALCANTI, H.B. **Aves como bioindicadoras de qualidade ambiental**, 2008. Disponível em: <<http://scholargoogle.com.br>>. Acesso em 04 de dezembro de 2023.
- ALBUQUERQUE, Heloise Ferreira de. **Sons da caatinga: testando a hipótese do nicho acústico**, 2019. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Schweizerbart. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)
- ANJOS, L.; ZANETTE, L.; LOPES, E. Effects of fragmentation on the birds guildes of Brazilian Atlantic Forest in the North Paraná, southern Brazil. **Ornitologia Neotropical**, n. 15, p. 137-144, 2006.
- ARAUJO, C.B.; FURTADO, S.N.M.; VIEIRA, G.H.C.; SIMOES, C.R. O NICHOS ACÚSTICO: integrando a física, ecologia e teoria da comunicação. **O ecologia Australis**; Vol 24, N 4 (2020): Spontaneous Submission. Doi: 10.4257/oeco.2020.2404.01
- BAILEY, W.J. **Acoustic Behaviour of Insects: An evolutionary perspective**. 1ed. New York: Chapman and Hall. 225p, 1991.
- BARKER, N.K. Bird song structure and transmission in the Neotropics: trends, methods and future directions. **Ornitol. Neotrop**, v. 19, n. 2, p. 175-199, 2008.
- BIOACOUSTICS RESEARCH PROGRAM. **Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software** Ithaca The Cornell Lab of Ornithology, 2014. Disponível em: <<http://ravensoundsoftware.com>>.
- BIERREGAARD J.R.; Richard. O.; STOUFFER, P.C. Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforests. **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press, Chicago, v. 101, p. 138-155, 1997.
- BLUMSTEIN, D.T.; MENNILL, D.J.; CLEMINS, P.; GIROD, L.; YAO, K.; PATRICELLI, G.; HANSER, S.F. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. **Journal of Applied Ecology**, 48(3): 758-767, 2011.
- BOTH, C.; GRANT, T. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog calls on the acoustic signals of white-banded tree frogs. **Biology Letters**, v. 8, n. 5, p. 714-716, 2012. Doi: 10.1098/rsbl.2012.0412

BRADBURY, J.W.; VEHRENCAMP, S.L. **Principles of Animal Communication**, 2nd edn. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. 2011.

CARVALHO, E.A.R.; MENDONÇA, E.N.; LOPES, A.M.C.; HAUGAASEN, T. Current status of the Critically Endangered Black-winged Trumpeter *Psophia obscura* in one of its last strongholds. **Bird Conservation International**, [S.L.], v. 33, p. 1-14, 11 jul. 2022. Cambridge University Press (CUP). Doi: 10.1017/s0959270922000077

CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G.X.; MUNIZ, F.H; VARGA, I.D.; MARTINEZ, C.; CARNEIRO, M.S.; MIRANDA, M.V.C.; BARROS, M.N.R.; FREITAS, L.; NARVAES, I.S. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land Use Policy**, [S.L.], v. 68, p. 692-698, nov. 2017. Elsevier BV. Doi: 10.1016/j.landusepol.2017.07.041

CELENTANO, D.; MIRANDA, M.V.C.; ROUSSEAU, G.X.; MUNIZ, F.H.; LOCH, V.C.; VARGA, I.D.; FREITAS, L.; ARAÚJO, P.; NARVAES, I.S.; ADAMI, M. Desmatamento, degradação e violência no “Mosaico Gurupi” – A região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 32, n. 92, p. 315-339, 2018. FapUNIFESP (SciELO). Doi: 10.5935/0103-4014.20180021

CHEK, A.A.; BOGART, James P.; LOUGHEED, S.C. Mating signal partitioning in multi-species assemblages: a null model test using frogs. **Ecology Letters**, v. 6, n. 3, p. 235-247, 2003.

CLARIDGE, M.F. Insect sounds and communication – An Introduction. In: DROSOPOULOS, S.; CLARIDGE, M. F. eds. *Insect sounds and communication: Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution*. 1ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group. p. 3-10, 2006.

CUETO, V.R.; LOPEZ DE CASENAVE, J. Seasonal changes in bird assemblages of coastal woodlands in east-central Argentina. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 35, n. 3, p. 173-177, 2000.

DARRAS, K.; BATÁRY, P.; FURNAS, B.; CELIS-MURILLO, A.; VAN WILGENBURG, S L.; MULYANI, Y, A.; TSCHARNTKE, T. Comparing the sampling performance of sound recorders versus point counts in bird surveys: a meta :analysis. **Journal Of Applied Ecology**, [S.L.], v. 55, n. 6, p. 2575-2586, 16 jul. 2018. Wiley. Doi: 10.1111/1365-2664.13229

DEVELEY, P.F.; PERES, C.A. Resource seasonality and the structure of mixed species bird flocks in a coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal Of Tropical Ecology**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 33-53, jan. 2000. Cambridge University Press (CUP). Doi: 10.1017/s0266467400001255

DEVELEY, P.F. Bird Conservation in Brazil: Challenges and practical solutions for a key megadiverse country. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S.l.], v.19, p.171-178, 2021. Doi: 10.1016/j.pecon.2021.02.005

FARINA, A.; GAGE, S.H. (Org.). **Ecoacústica: O papel ecológico dos sons**. John Wiley & Filhos, 2017.

GALETTI, M.; PIZO, M. A. **Ecologia e conservação de psitacídeos no Brasil**. Padrões de riqueza, risco de extinção e conservação dos psitacídeos neotropicais. p.17-26, 2002.

GOMEZ, F.R.A. *et al.* La voz de nuestras aves: contribuciones de la bioacústica a la ornitología colombiana. **Ornitología Colombiana**, n. 23, p. 3-30, 2023.

HORTAL, J.; BELLO, F.; DINIZ-FILHO, J.A.F.; LEWINSOHN, T.M.; LOBO, J.M.; LADLE, R.J. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 4 dez. 2015. Doi: 10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400

HUTCHINSON, G.E. Concluding Remarks. **Cold Spring Harbor Symposia On Quantitative Biology**, [S.L.], v. 22, p. 415-427, 1 jan. 1957. Cold Spring Harbor Laboratory. Doi: 10.1101/sqb.1957.022.01.039

INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Unidades de conservação por Bioma**. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br>>. Acesso em 23 de dezembro de 2023.

IUCN-A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN, 2023. Versão 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>.

KRAUSE, B.L. *et al.* A hipótese do nicho: uma sinfonia virtual de sons de animais, as origens da expressão musical e a saúde dos habitats. **Boletim Soundscape**, v. 6, p. 6-10, 1993.

KRAUSE, B.; FARINA, A. Using ecoacoustic methods to survey the impacts of climate change on biodiversity. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 195, p. 245-254, mar. 2016. Elsevier BV. Doi: 10.1016/j.biocon.2016.01.013

LEBIEN, J.; ZHONG, M.; CERQUEIRA, M.C.; VELEV, J.P.; DODHIA, R.; FERRES, J.L.; AIDE, T.M. A pipeline for identification of bird and frog species in tropical soundscape recordings using a convolutional neural network. **Ecological Informatics**, v. 59, p. 101113, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954120300637>>.

LIMA, D.M.; MARTÍNEZ, C.; RAÍCES, D.S.L. An avifaunal inventory and conservation prospects for the Gurupi Biological Reserve, Maranhão, Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 22, p. 317-340, 2014.

LINKE, S.; GIFFORD, T.; DESJONQUÈRES, C.; TONOLLA, D.; AUBIN, T.; BARCLAY, L.; KARACONSTANTIS, C.; KENNARD, M, J.; RYBAK, F.; SUEUR, J. Freshwater ecoacoustics as a tool for continuous ecosystem monitoring. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 231-238, 15 mar. 2018. Wiley. Doi: 10.1002/fee.1779

LOISELLE, B.; BLAKE, J. Diets of understory fruit-eating birds in Costa Rica: Seasonality and resource abundance. Dietas de aves frugívoras del sotobosque en Costa

Rica: Estacionalidad y abundância de recursos. **Studies in avian biology**, v. 13, n. 13, p. 91-103, 1990.

LOVETTE, I.J.; FITZPATRICK, J.W. (Ed.). **Handbook of bird biology**. John Wiley & Sons, 2016.

MARQUIS, R. J.; WHELAN, C. J. Insectivorous Birds Increase Growth of White Oak through Consumption of Leaf-Chewing Insects. **Ecology**, v. 75, nº 7, pp. 2007-2014, 1994.

MELO, F.P.; PIRATELLI, A.J. **Biologia e ecologia do udu-de-coroa-azul (Momotus momota: Aves, Momotidae)**, 1999.

MORAES, K.F. **O efeito das mudanças climáticas sobre as aves endêmicas do centro de endemismo Belém**. 2019. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

MORTON, E. S. Ecological source of selection on avian sound. **American Naturalist**, v. 109, p. 17-34, 1975.

MOURÃO, N.M. **Amazônia Maranhense, Cerrado e Comunidades: o “olhar” do design sobre o contexto ambiental**, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/245017/Vol.%202%20187%20-%20197.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PACIFICI, K.; SIMONS, T.R.; POLLOCK, K.H. Effects of vegetation and background noise on the detection process in auditory avian point-count surveys. **The Auk**, v. 125, n. 3, p. 600-607, 2008.

PACHECO, J.F.; SILVEIRA, L.F.; ALEIXO, A.; AGNE, C.E.; BENCKE, G.A.; BRAVO, G.A.; BRITO, G.R.R.; COHN-HAFT, M.; MAURICIO, G.N.; NAKA, L.N.; OLMOS, F.; POSSO, S.; LEES, A.C.; FIGUEIREDO, L.F.A.; CARRANO, E.; GUEDES, R.C.; CESARI, E.; FRANZ, I.; SCHUNCK, F.; PIACENTINI, V.Q. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. **Ornithology Research**, 29(2). Doi: 10.1007/s43388-021-00058-x

PAIVA, P.F.P.R.; RUIVO, M.L.P.; JUNIOR, O.M.S.; MACIEL.; M.N.M.; BRAGA, T.G.M.; ANDRADE, M.M.N.; JUNIOR, P.C.S.; ROCHA, E.S.; FREITAS, T.P.M.; LEITE, T.V.S.; GAMA, L.H.O.M.; SANTOS, L.S.; SILVA, M.G.; SILVA, E.R.R.; FERREIRA, B.M. Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 1, p. 19–38, 2020. Doi 10.1007/s10531019-01867-9

PAVAN, G.; FAVARETTO, A.; BOVELACCI, B.; SCARAVELLI, D.; MACCHIO, S.; GLOTIN., H. Bioacustica e ecoacustica applicate al monitoraggio e alla gestione ambientale bioacústica e ecoacústica aplicadas ao monitoramento e gestão ambiental. **Rivista Italiana di Acustica**, v. 39, n. 2, pág. 68-74, 2015.

PAVAN, G. Short field course on bioacoustics. **Taxonomy Summer School**, p. 1-15, 2008.

PIJANOWSKI, B.C. *et al.* What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. **Landscape ecology**, v. 26, p. 1213-1232, 2011.

PLANQUÉ, R.; SLABBEKORN, H. Spectral overlap in songs and temporal avoidance in a peruvian bird assemblage. *Ethology* 114 (2008) 262–271 a 2008 The Authors Journal compilation a 2008 Blackwell Verlag, Berlin, 2008.

PUGLIANO, S.E. **Uso de gravadores autônomos para detecção de espécies de aves noturnas em paisagens fragmentadas de Mata Atlântica**. Orientador: Milton Cezar Ribeiro. 2021. 36f. TCC (Graduação)-Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro, 2021. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/11449/214237>>.

SCHILTHUIZEN, M. **Ecótono: propenso à especiação**. *Tendências em Ecologia e Evolução*, v. 15, n. 4, pág. 130-131, 2000.

SCHMIDT, A.K.D.; BALAKRISHNAN, R. Ecology of acoustic signalling and the problem of masking interference in insects. **Journal of Comparative Physiology**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

SCHMIDT, A.K.D.; RÖMER, H.; RIEDE, K. Spectral niche segregation and community organization in a tropical cricket assemblage. **Behavioral Ecology**. v.24, n.2, p.470-480, 2013.

SCHNEIDER, C. *et al.* Acoustic niches of Siberut primates. **International Journal of Primatology**, v. 29, p. 601-613, 2008.

SENDODA, A.M.C. **Efeitos do manejo do fogo sobre comunidades de aves em campos sujos no Parque Nacional das Emas (GO/MS), Cerrado central**. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2009.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The mathematical theory of communication. 1ª ed. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 144 p.

SHONFIELD, J.; BAYNE, E.M. Autonomous recording units in avian ecological research: current use and future applications. **Avian Conservation And Ecology**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 1-5, 2017. Resilience Alliance. Doi: 10.5751/ace-00974120114

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**: 3 ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SILVA, G.H.G. **Avaliação do status de conservação das aves do estado do Maranhão**, 2021. 57 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde, Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2021.

SOMERVUO, P.; HARMA, A.; FAGERLUND, S. Parametric representations of bird sounds for automatic species recognition. **IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing**, v. 14, n. 6, p. 2252-2263, 2006.

SUEUR, J.; FARINA, A.; GASC, A.; PIERETTI, N.; PAVOINE, S. Índices acústicos para avaliação da biodiversidade e investigação da paisagem. 2014. *Acta Acust. Unidos Ac.*100,772-781, 2014. Doi: 10.3813/AAA.918757

SUGAI, L.S.M., LLUSIA, D. Bioacoustic time capsules: Using acoustic monitoring to document biodiversity. **Ecological Indicators**, v. 99, p. 149-152, 2019.

SUGAI, L.S.M.; SILVA, T.S.F.; JUNIOR, J.W.R.; LLUSIA, D. Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: Review and Perspectives. **BioScience**, v. 69, n. 1, p. 15–25, 1 jan. 2019. Doi: 10.1093/biosci/biy147

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Biodiversity in the Neotropics: ecological, economic and social values. **Brazilian Journal of Biology**, [S.l.], v.68: p.913-915, 2008. Doi: 10.1590/S1519-69842008000500002

WINKLER, D.W.; SHAW, M.B.; LOVETTE, I.J. New World and African Parrots (*Psittacidae*), version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). **Cornell Lab of Ornithology**, Ithaca, NY, USA, 2020. Doi: 10.2173/bow.psitta3.01

WREGÉ, P.H.; ROWLAND, E.D.; KEEN, S.; SHIU, Y. Monitoramento acústico para conservação em florestas tropicais: exemplos de elefantes da floresta. **Métodos em Ecologia e Evolução**, v. 8, n. 10, pág. 1292-1301, 2017.

WRIGHT, S.J. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. **Perspectives in plant ecology, Evolution and systematics**, 6(1-2), 73- 86. 2003.

ZIMMER, K.; ISLER, M.L. Black-chinned Antbird (*Hypocnemoides melanopogon*). **Handbook of the birds of the world alive**. Lynx Edicions, Barcelona, Spain. <https://www.hbw.com>, 2017.

ZWART, M.C.; BAKER, A.; MCGOWAN, P.J.K.; WHITTINGHAM, M.J. O uso de gravadores bioacústicos automatizados para substituir pesquisas de vida selvagem humana: um exemplo usando Nightjars. **PLoS ONE** [S.L.], v. 9, n. 7, p. 102770-681, 16 jul. 2014. Doi: 10.1371/journal.pone.0102770