
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANDRÉ HENRIQUE ZAMBOLLI

**O USO DE GRAVADORES AUTOMÁTICOS PARA A
DETECÇÃO DO MICO-LEÃO-PRETO (*Leontopithecus
chrysopygus*)**



Rio Claro
2017

ANDRÉ HENRIQUE ZAMBOLLI

O USO DE GRAVADORES AUTOMÁTICOS PARA A DETECÇÃO DO
MICO-LEÃO-PRETO (*Leontopithecus chrysopygus*)

Orientadora: Prof^a Dr^a Laurence Marianne Vincianne Culot

Co-orientadora: Ma. Laura Kyoko Honda

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Biociências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas,

Rio Claro
2017

591.5
Z24u Zambolli, André Henrique
 O uso de gravadores automáticos para a detecção do mico-leão-preto
(*Leontopithecus chrysopygus*) / André Henrique Zambolli. - Rio Claro,
2017
 61 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Laurence Culot
Coorientador: Laura Honda

1. Ecologia animal. 2. Primatas. 3. Vocalização. 4. Ocorrência da
espécie. 5. Detecção automática. 6. Detecção manual. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a meus pais, que me apoiaram e me deram forças para que pudesse continuar realizando esse trabalho, principalmente nos momentos difíceis;

Um agradecimento ao Greg, da *Cornell University*, que me cedeu gratuitamente uma chave para o uso do *Raven Pro* e também a Christoph Knogge, que me emprestou o gravador manual e o microfone;

Um agradecimento a todos os funcionários e tratadores do PESC e do CPRJ, que me receberam com muito carinho e gentileza; aos amigos Rafael (Pombo), Tibor e Thiago, que foram meu braço direito durante as idas ao PESC e anotaram tudo, sem perder nenhum detalhe; à Paula, que ajudou com “minha reputação” no CPRJ, agilizando minha ida e ao grande Alcides Pissinatti, que me permitiu realizar as pesquisas no local, inclusive pedindo uma pausa aos funcionários que cortavam a grama, para que nada atrapalhasse as gravações;

Um agradecimento especial à Raquel (Sheeva), minha companheira de micos nas expedições tanto ao PESC, quanto ao CPRJ, alegrando as viagens e fazendo com que o tempo durante as coletas passasse mais rápido;

Um agradecimento à galera do LEEC, em especial o Miltinho, que me emprestou os *SM3* e ao Rafael (Urucum), que me ajudou a desvendar as loucas configurações desse aparelho; ao Gussoni (Pássaro) que matou minha curiosidade ajudando a identificar as aves das gravações e a montar uma lista das espécies; à Sílvia e ao irmão Carlos, que me ajudaram durante a instalação dos gravadores em Santa Maria e à Bruna, que também me ajudou muito durante a retirada dos mesmos; à Gabi, que me acolheu no alojamento do parque e, além de me ajudar em campo, me ajudou no arranjo dos gravadores no mapa; aos mateiros, Wilsinho e André, dois monstros em campo, com GPS na cabeça, que abriram as trilhas para nós;

Um agradecimento especial à minha co-orientadora Laura, que além de me ajudar em algumas idas ao PESC e a entender o funcionamento dos gravadores, me ensinava tudo sobre acústica; à minha orientadora Laurence, que me apoiou em momentos difíceis, me deu o máximo de atenção, sempre corrigiu este trabalho, me ensinou primatologia e principalmente, discutiu comigo várias ideias, críticas e sugestões, o que me fez crescer;

Por último, um agradecimento especial à Natália, que foi quem colocou a primeira pedra nesse trabalho, por me apresentar à bioacústica, à ideia inicial e ao workshop que deu origem a tudo.

A todos vocês, um sincero “muito obrigado”. ☺

RESUMO

A detecção de primatas num determinado local é geralmente feita através do método de transecção linear ou do uso de *playback*. No entanto, ambos demandam um grande esforço em campo e se mostram pouco eficientes para espécies de difícil detecção. Neste estudo foram testados gravadores autônomos para a gravação de vocalizações de micos-leões-preto (*L. chrysopygus*, Callitrichidae) e o programa *Raven Pro* para a análise automática dos dados. Os objetivos foram: 1) determinar os padrões de vocalização de *L. chrysopygus* em comparação a outros Callitrichidae; 2) testar os gravadores autônomos *Song Meter 3* quanto a seus limites de gravação; 3) testar a capacidade do programa em diferenciar vocalizações de *L. chrysopygus*; 4) determinar o esforço amostral necessário para a detecção de *L. chrysopygus* em ambiente *in situ*. No Parque Ecológico de São Carlos e no Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, os gravadores foram dispostos em distâncias variáveis entre 8 e 202 metros do recinto. Após as análises efetuadas a partir do programa, concluiu-se que os gravadores registram sons a um raio de até 180 metros. O *Raven Pro* demonstrou um desempenho regular, gerando 44% de verdadeiros positivos, embora 96% de suas detecções equivalham a falsos positivos. A partir destes resultados, em um fragmento de floresta do Pontal do Parapanema (São Paulo), doze gravadores foram dispostos dentro da área de vida de um grupo de *L. chrysopygus* (polígono de 1 x 1,5 km de perímetro), 300 metros um do outro (150 metros de raio para cada), e deixados durante 15 dias, obtendo-se um total de 985 horas de gravação. Embora o *Raven Pro* tenha tido um desempenho ruim (detectou apenas 16% das vocalizações), as análises manuais mostram uma elevada eficiência dos gravadores, levando em média 4 dias para registrar uma vocalização. Uma vez que *L. chrysopygus* se encontra em baixa densidade na Mata Atlântica e é, portanto, de difícil detecção, o uso de gravadores autônomos pode se tornar uma alternativa interessante em estudos posteriores de censos populacionais, ajudando na conservação dessa espécie.

Palavras-chave: *Leontopithecus chrysopygus*; vocalizações; gravadores autônomos; *Raven Pro*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa e localização de Santa Maria.....	13
Figura 2. Modelo de um <i>SM3</i>	14
Figura 3. Modelo de um <i>H4nex</i>	15
Figura 4. Modelo de um microfone direcional.....	15
Figura 5. Obtendo as gravações	17
Figura 6. Planilha de campo	17
Figura 7. Instalação do gravador	18
Figura 8. Disposição dos gravadores em Santa Maria	20
Figura 9. <i>Layout</i> do <i>Raven Pro 1.5</i>	21
Figura 10. Vocalização de <i>L. chrysopygus</i>	25
Figura 11. Vocalização de <i>L. rosalia</i>	26
Figura 12. Vocalização de <i>L. chrysomelas</i>	27
Figura 13. Comparação entre os <i>long calls</i>	28
Figura 14. Vocalização de <i>C. penicillata</i>	29
Figura 15. Vocalização de <i>C. jacchus</i>	30
Figura 16. Chamado de <i>C. aurita</i>	30
Figura 17. Gravações do <i>SM3</i> a cada distância	34
Figura 18. Falsos positivos	37
Figura 19. Detecção automática nos testes em cativeiro	37
Figura 20. Mapa de detecções das vocalizações <i>in situ</i>	40
Figura 21. Principais geofonias e antropofonias.....	42
Figura 22. Curva do esforço amostral	45
Figura A (anexo). Principais falsos positivos em cativeiro	59
Figura B (anexo). Principais falsos positivos em campo.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais características dos <i>long calls</i>	24
Tabela 2. Parâmetros escolhidos para cada teste	31
Tabela 3. Análises dos testes dos parâmetros	32
Tabela 4. Análises dos testes em distância	35
Tabela 5. Desempenho do <i>Raven Pro 1.5</i> nos testes de distância.....	36
Tabela 6. Análises dos testes em campo	39
Tabela 7. Gravações <i>in situ</i>	41
Tabela 8. Tempo de registro das vocalizações.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3.1. Áreas de estudo	11
3.1.1. Parque Ecológico de São Carlos	11
3.1.2. Centro de Primatologia do Rio de Janeiro	12
3.1.3. Fazenda Santa Maria	12
3.2. Equipamentos	13
3.2.1. <i>Song Meter SM3</i>	13
3.2.2. <i>Handy Recorder H4nex</i>	14
3.3. Procedimentos	16
3.3.1. Coleta de dados	16
3.3.1.1. Caracterização das vocalizações	16
3.3.1.2. Teste das distâncias	18
3.3.1.3. Testes <i>in situ</i>	19
3.3.2. Análise de dados	20
4. RESULTADOS	23
4.1. Padrão de vocalizações	23
4.2. Testes dos parâmetros	31
4.3. Testes de distância em cativeiro	33
4.4. Testes de campo	38
5. DISCUSSÃO	45
6. CONCLUSÃO	50
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
8. ANEXO	57
8.1. Bioacústica	57
8.2. Falsos positivos	58

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, são vários os casos de espécies animais que vêm sofrendo com a perda de hábitat, o que as deixa cada vez mais próximas da ameaça de extinção, se tornando mais raras na natureza. Para a conservação destas, é imprescindível o conhecimento de suas áreas de ocorrência. Uma vez que isto é sabido, estudos pontuais e diretos poderão ser feitos tanto para a preservação do hábitat, quanto para entender a situação da espécie animal em si, através de censos populacionais.

Para a realização de censos populacionais de mamíferos terrestres em geral, o principal método utilizado é o de transecção linear, no qual o observador estima a abundância de uma população percorrendo uma distância predefinida. Os animais contabilizados são aqueles que foram avistados (GATES *et al.*, 1968). Contudo, os detalhes dessa metodologia variam de pesquisador para pesquisador, o que tende a causar divergência de dados (PERES, 1999). Outro método bastante utilizado em censos populacionais é o de *playback*. No caso de espécies arborícolas, reconhecer um animal pelo som emitido é muito mais fácil do que seu avistamento (SICK, 1997). O *playback*, portanto, consiste na reprodução de vocalizações produzidas pela própria espécie animal a ser estudada, amplificada por algum alto-falante. Seu intuito é fazer com que o indivíduo reconheça o som reproduzido e seja estimulado a vocalizar (JOHNSON *et al.*, 1981), evidenciando sua presença. Porém, a detecção de certas espécies é difícil através desses métodos tradicionais, principalmente daquelas ocorrendo em baixas densidades.

A espécie-alvo escolhida para este trabalho foi o mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*). Esta é uma espécie rara de primata, pertencente à família Callitrichidae. São animais que costumam viver em pequenos grupos de geralmente dois a sete membros (CARVALHO *et al.*, 1989). Sua dieta é muito variável, tal como seu comportamento de forrageio, o que indica uma adaptação devido a pressões da degradação de seu hábitat natural (PASSOS *et al.*, 2001). Segundo a *IUCN Red List*, a espécie se encontra em perigo na natureza. Calcula-se que sua ocupação se restrinja a uma área com cerca de 490 km², sendo que as populações estão isoladas e em maior número no Parque Estadual do Morro do Diabo, no Pontal do Paranapanema, no estado de São Paulo (KIERULFF *et al.*, 2008). Todavia, estudos mais recentes (RODRIGUES *et al.*, 2014; CULOT *et al.*, 2015) detectaram a presença de espécimes em outras regiões do estado de São Paulo. Tais dados são importantes para a conservação da espécie, que chegou a ser considerada extinta de 1905 até meados da década de 60, quando foi reavistada no próprio Pontal do Paranapanema (COIMBRA-FILHO, 1970). Embora os números estejam crescendo com o passar dos anos, ainda preocupa o fato de essas populações se apresentarem isoladas e com poucos indivíduos, uma vez que seus hábitats sofrem com o constante desmatamento e ocupação antrópica.

Os *L. chrysopygus* são caracterizados por possuírem o rosto e mãos desprovidos de pelos, os quais são de coloração preta em todos os lugares onde se

encontram, com exceção da região posterior, a qual é dourada. Seu tamanho varia de 30 a 40 cm de comprimento e tem um peso médio de 600 gramas. Essas características são um problema para determinar sua localização, uma vez que tornam difícil sua visibilidade, que é limitada e altamente variável de acordo com o ambiente a ser analisado (MARSHALL *et al.*, 2008). Eles forrageiam em estratos variados em aspecto e tamanho, preferindo os sub-bosques (PASSOS *et al.*, 2001). Porém, seus movimentos em meio à floresta são discretos e têm um comportamento mais silencioso quando comparado aos demais *Leontopithecus*. Além disso, raramente costumam deixar as árvores para ir à procura de alimentos no solo, apenas para brincadeiras ou forrageio de insetos próximos às raízes (ALBERNAZ, 1997). Tais fatores dificultam muito a detecção da presença desses animais por meio da transecção linear. Para o método do *playback*, apesar de reduzir o tempo de trabalho em localizar algum indivíduo, o método possui desvantagens quando os objetos de estudo são primatas. A alta capacidade cognitiva lhes permite após certo tempo a distinção entre *playback* e uma vocalização de fato, e assim acabam não respondendo mais.

Para ambos os métodos, a maior desvantagem, contudo, resume-se a um esforço amostral muito grande. Esse fato exige passar grande tempo no campo, sendo que distâncias muito longas devam ser percorridas para o maior detalhamento e confiança nos dados possível. Portanto, se faz necessário o desenvolvimento de novas alternativas, que sejam eficientes para a conservação dessa espécie.

O presente estudo envolve a utilização de gravadores autônomos, numa tentativa de suprir as deficiências das metodologias apontadas anteriormente. Os gravadores foram implementados como uma alternativa ou complemento aos outros métodos de censos (BLUMSTEIN *et al.*, 2011). Esta tecnologia, considerada recente, vem sendo muito utilizada em pesquisas relacionadas a paisagens sonoras (*soundscape*s), que compreende o conjunto de sons presentes no ambiente, incluindo biofonia, geofonia e até antropofonia (PIJANOWSKI *et al.*, 2011). Em estudos que analisam a paisagem sonora, os gravadores autônomos são os principais materiais utilizados, os quais são responsáveis por registrar os sons ambientes. Eles são colocados nos locais de estudo e deixados por dias. Ao fim do experimento, analisam-se os dados gravados com a finalidade de se obter uma descrição da paisagem, ou seja, a identificação das espécies de animais que são presentes no local. Com tal descrição, podem ser realizados vários estudos como: levantamentos dessas espécies na área amostrada; a interação entre elas; comportamento dos indivíduos; cronologia do grupo entre outros. O método foi testado e mostrou-se eficaz para estudos em vários grupos de animais. Em ambientes aquáticos, o som se propaga mais rapidamente e a visão é muito ineficiente, tornando os gravadores a opção mais viável para o estudo de cetáceos (MELLINGER *et al.*, 2007). Em aves, pôde ser reconhecido o comportamento ecológico de espécies que habitam diferentes estratos através da análise de seus

cantos (LUTHER, 2009). Também, foi demonstrado que esse sistema é mais eficaz em levantamento quando comparado aos métodos tradicionais, tanto para aves quanto para anfíbios, registrando mais espécies e indivíduos (ACEVEDO *et al.*, 2006). A metodologia está se tornando uma excelente alternativa aos métodos tradicionais, já que fornece dados com maior credibilidade e reduz o esforço humano em campo (ZWART *et al.*, 2014). As principais vantagens são justamente a detecção dos animais em áreas onde a visão é limitada (MARQUES *et al.*, 2013) e a presença humana necessária apenas na instalação dos equipamentos em campo e na posterior análise de dados (MENNILL *et al.*, 2012). Os dois fatores se encaixam neste estudo.

Poucos estudos utilizaram essa metodologia para a realização de censos em primatas. Um deles (HEINICKE *et al.*, 2015) registrou através de gravadores a presença de macaco-diana (*Cercopithecus diana*), chimpanzé (*Pan troglodytes*), colobo (*Colobus polykomos*) e colobo-vermelho (*Procolobus badius*) na Costa do Marfim, África. O estudo comprovou a eficácia do monitoramento acústico para esse ambiente e para essas espécies, sendo ainda que os dados podem servir para outros tipos de pesquisa, como ecologia, conservação e estudos comportamentais.

As vocalizações apresentam-se como um importante meio de comunicação entre os primatas, seja de maneira intraespecífica, seja interespecífica. Os chamados de longo alcance (*long calls*), por exemplo, possuem características acústicas que lhes permitem serem transmitidos ao longo de grandes distâncias, com o objetivo de atingir algum outro grupo (RYAN *et al.*, 2003). Outro exemplo é o chamado de forrageio, o qual é utilizado na busca por comida e, encontrando-a, para atrair os membros do grupo para o local com recursos, sendo que este tipo de vocalização varia em frequência conforme a ocasião (CHAPMAN *et al.*, 1990). Existem também os chamados de alerta (*alarm calls*), que servem para avisar os membros do grupo sobre a presença de um possível predador (MACEDONIA *et al.*, 1993). Este tipo de chamado é além de tudo uma combinação de diferentes sequências, únicas para cada predador e ao local de onde eles estão surgindo (CASAR *et al.*, 2012). Não necessariamente a comunicação precisa ser oriunda das cordas vocais desses primatas. O comportamento de *drumming*, que é realizado quando os animais, principalmente *P. troglodytes*, batem com as mãos ou pés em um substrato, geralmente raízes e troncos, também serve como uma comunicação intra-específica (ARCADI *et al.*, 1998).

Portanto, pode-se concluir que as vocalizações são indispensáveis não apenas para os primatas, mas a todos os animais em geral. Para manter o grupo unido, sob o controle do líder ou para afastar predadores essa comunicação entre os indivíduos é essencial. E, tendo em vista que sempre elas serão emitidas, obter essas vocalizações, através dos gravadores autônomos, pode ser um passo importante na detecção, identificação e conservação de uma espécie rara.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo é aplicar a nova tecnologia, a dos gravadores autônomos, para a detecção e levantamento de *L. chrysopygus* na natureza. Para que este seja alcançado, têm-se os seguintes objetivos específicos:

a) Caracterizar acusticamente o *long call* de *L. chrysopygus*, em comparação com as principais espécies de Callitrichidae;

b) Testar a capacidade do programa *Raven Pro 1.5* para a detecção das vocalizações específicas de *L. chrysopygus* e sua diferenciação quanto às outras espécies de Callitrichidae, principalmente *Callithrix jacchus*, *C. penicillata* e *C. aurita*, que podem compartilhar o mesmo ambiente na natureza por serem espécies simpátricas ou invasoras;

c) Testar quais as distâncias limites de detecção do gravador automático *Song Meter SM3*, nas quais a amplitude das ondas gravadas ainda é legível ao programa, tomando como base a espécie-alvo do estudo: *L. chrysopygus*;

d) Determinar, em uma área onde já é sabida a existência de grupos de *L. chrysopygus*, o esforço amostral necessário para a detecção dos mesmos, ou seja, estimar o tempo necessário para que um determinado número de gravadores registre a presença da espécie.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Áreas de estudo

O projeto foi realizado em três locais, dois *ex situ* (Parque Ecológico de São Carlos e Centro de Primatologia do Rio de Janeiro) e um *in situ* (Fragmento Santa Maria, Pontal do Paranapanema, São Paulo).

3.1.1. Parque Ecológico de São Carlos

Inaugurado em 1976, o Parque Ecológico de São Carlos “Dr. Antônio Teixeira Viana”, o PESC, está situado no município de São Carlos, São Paulo, nas coordenadas 21° 59' 05.7" S; 47° 52' 30.7" W, na estrada municipal Guilherme Scatena. O parque conta com diversos recintos abrigando animais em exposição, dentre eles algumas espécies de Callitrichidae da Mata Atlântica (*L. chrysopygus*, *L. rosalia*, *L. chrysomelas* e *C. geoffoyi*), além de um grupo livre de *C. penicillata*. Tais espécies se encontram no ambiente chamado “micário”, na parte central do parque, estando, portanto, uma espécie muito próxima da outra. Cada recinto contém um casal, com exceção dos que abrigam *L. rosalia* (que contém três indivíduos) e *C.*

geoffroyi (apenas um indivíduo). Além disso, numa área restrita a visitas, existem mais alguns espécimes confinados, sendo três *L. chrysopygus*, dois *C. penicillata*, dois *L. rosalia* e dois *L. chrysomelas*.

3.1.2. Centro de Primatologia do Rio de Janeiro

Fundado em 1975, o Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, o CPRJ, situa-se no perímetro do município de Guapimirim, Rio de Janeiro, integrado ao Parque Estadual dos Três Picos, nas coordenadas 22° 28' 14.0" S; 42° 54' 57.7" W. O centro é destinado à realização de estudos, manutenção e reprodução das espécies de primatas da Mata Atlântica, abrigando muitas dessas espécies em seus recintos. São no total 85 recintos não muito próximos uns dos outros, com mais de 250 indivíduos no total (fonte: inea.rj.gov.br). O local é caracterizado por ter seus recintos bem espaçados uns dos outros, permitindo pesquisas específicas sem muita interferência de outras espécies. O micário conta com 11 indivíduos de *L. chrysopygus* e mais de 100 indivíduos somando-se *L. chrysomelas* e *L. rosalia*.

3.1.3. Fazenda Santa Maria

A fazenda Santa Maria está localizada na intersecção de três municípios do estado de São Paulo: Teodoro Sampaio, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, nas coordenadas 22° 17' 20.0" S; 52° 15' 21.0" W. A área é situada dentro do Pontal do Paranapanema, próxima ao Parque Morro do Diabo, contendo cerca de 460 hectares de área florestal remanescente. O fragmento tem extrema importância para a conservação de *L. chrysopygus*, possuindo pelo menos quatro grupos (fonte: ipe.org.br). Entre eles, um grupo de seis indivíduos cuja localização da área de vida é conhecida dentro do fragmento.

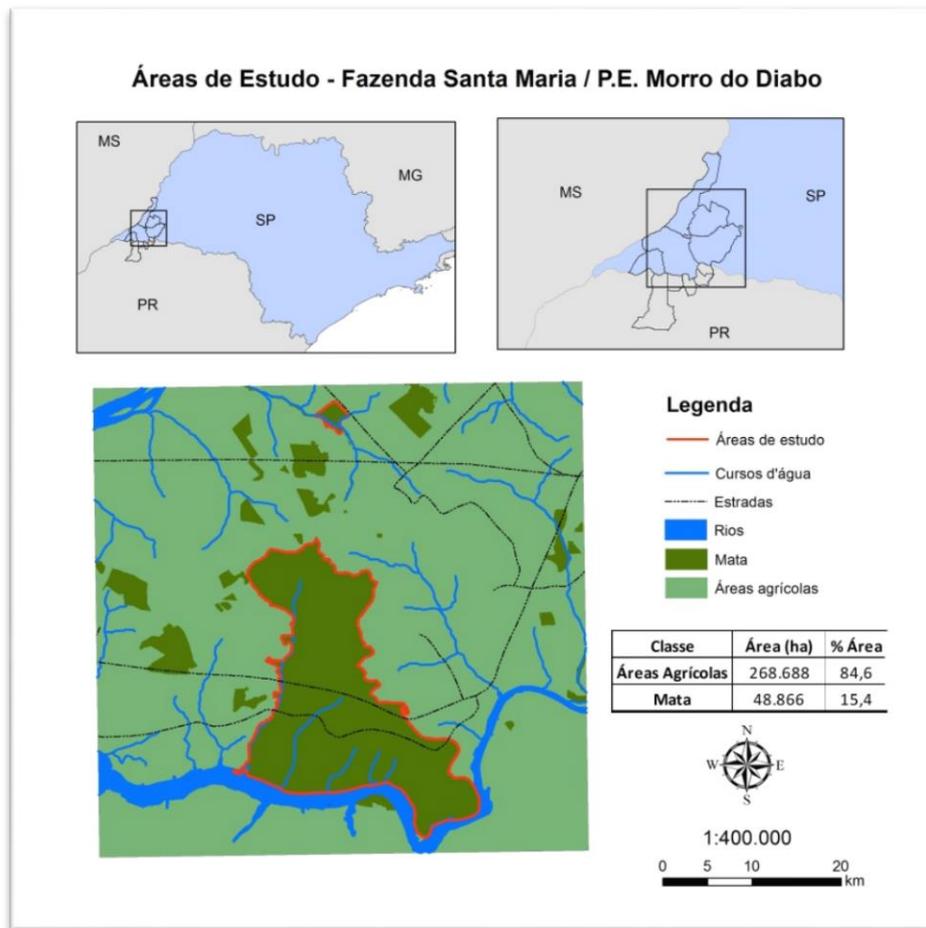


Figura 1. Mapa e localização de Santa Maria: a Fazenda Santa Maria (menor, acima) e o Parque Estadual do Morro do Diabo (abaixo), evidenciando suas proximidades.

3.2. Equipamentos

3.2.1. Song Meter SM3

O *Song Meter SM3* é um gravador acústico, autônomo, que realiza múltiplas funções. Simultaneamente, é capaz de registrar o sinal acústico de quaisquer tipos de combinações de aves, animais terrestres e aquáticos. É um equipamento de alto desempenho, registrando sons de diferentes naturezas e podendo permanecer no campo por longos períodos. As gravações podem ser feitas em *mono* ou *stereo*, envolvendo dois microfones embutidos, utilizando um formato de compressão de 16-bit e arquivos *.wav*, captando sons até a frequência de 48 kHz. O aparelho ainda possui internamente programas que incluem os ciclos circadianos e um sistema de gravações contínuas com configurações automáticas ou manuais, adaptáveis de acordo com as necessidades do estudo, sendo possível programar as paradas de gravação e seus reinícios. Além do mais, o equipamento contém sinal de GPS, que permite a localização exata do aparelho durante uma coleta de dados. Tendo em

vista que o *SM3* foi criado para gravações longas em campo, seu circuito interno é muito eficiente e econômico, durando até 260 horas, caso seja abastecido com pilhas alcalinas de alto rendimento, sendo quatro necessárias. Sua composição suporta situações climáticas extremas como frio e calor excessivos, ventanias, temporais e descargas elétricas (fonte: wildlifeacoustics.com).



Figura 2. Modelo de um SM3.

3.2.2. *Handy Recorder H4nex*

O *Handy Recorder H4nex* é um gravador manual, que pode ser utilizado para a realização de diversos trabalhos acústicos, dentre eles a gravação da sonoridade do ambiente. O aparelho fornece dois modos diferentes para a gravação *stereo*. Possui uma disposição, denominada X/Y, para seus captadores, o que permite uma ampla área de amostragem mantendo a clareza e definição. Seus dois microfones são unidirecionais e podem ser manuseados nos ângulos 90° e 120°, de acordo com o alvo a ser estudado. Mais dois canais externos estão disponíveis no *H4nex*, nos quais podem ser plugados microfones externos para aperfeiçoar ainda mais a detecção de um som mais específico. A entrada para fone permite a escuta simultânea da gravação, o que dá ao usuário a possibilidade de alterar o volume e o *rec level*, evitando distorções no áudio final que inutilizariam os dados. Os arquivos são salvos no formato *.wav*, dados de 24-bit com máxima frequência de 96 kHz. (fonte: zoom-na.com).



Figura 3. Modelo de um H4nex.



Figura 4. Modelo de um microfone unidirecional: usado em conjunto com o H4nex.

3.3. Procedimentos

3.3.1. Coleta de dados

3.3.1.1. Caracterização das vocalizações

Esta etapa da coleta de dados ocorreu em cativeiro, durante quatro dias do mês de abril de 2016, no PESC, com os dias variando conforme a ocorrência ou não de chuvas, e nos dias 18 a 22 de julho de 2016 no CPRJ. A somatória dos arquivos gravados nesta etapa foi de aproximadamente 5 horas, compostas de vários arquivos curtos em torno de no máximo 3 minutos cada.

Foram gravadas vocalizações de várias espécies diferentes de primatas pertencentes a esta família nos dois locais, de acordo com a disponibilidade das mesmas. No PESC, foram obtidas as gravações referentes às vocalizações de *L. chrysopygus*, *L. chrysomelas*, *L. rosalia* e *C. penicillata*, além do ambiente sonoro em geral, com o intuito de criar diversas situações diferentes para servir de teste ao programa. Já no CPRJ, puderam ser gravadas as vocalizações de *C. aurita* e *C. jacchus*, além de mais amostras de *L. chrysopygus*, por ser a espécie-alvo. Especificamente para a família em questão, Callitrichidae, suas vocalizações são muito similares entre as espécies. Assim, ao se reproduzir *playbacks* de uma, espécimes de outras espécies também respondem, o que dificulta a identificação. Por tais fatores, as gravações das várias espécies foram efetuadas, de forma a criar possíveis barreiras ao programa, ou seja, para ver como ele de fato iria detectar se uma espécie é tal e testar ao máximo sua capacidade de diferenciação.

Para realizar a coleta dessas gravações, foi usado o *H4nex* plugado a um microfone externo unidirecional para melhor captação. Este foi colocado de frente ao recinto que abriga a espécie-alvo (Figura 5). Como um último recurso, para quando os animais não vocalizaram naturalmente, foram estimulados por meio de um *playback* da espécie correspondente. O mesmo foi emitido e amplificado por uma caixa de som. Esta foi colocada a uma determinada distância do recinto, de maneira a evitar que o animal a visse e também que o gravador registrasse seu som, com a finalidade de o programa analisar apenas as vocalizações dos alvos em questão. Muitos testes previamente realizados (SNOWDON *et al.*, 1986; MENDES *et al.*, 2009; CULOT *et al.*, 2015) comprovam que o método de *playback* é eficiente para estimular as espécies de Callitrichidae. As vocalizações utilizadas como *playback* foram retiradas de uma biblioteca de dados, sendo da natureza *long call*. Quando a resposta era emitida pelo indivíduo, eram anotados o horário da vocalização e qual a espécie a emitiu, como um controle para conferir os dados após a análise. Para o registro do *long call* o gravador foi configurado em volume 60-70, evitando distorções devidas à alta frequência. Já para os outros chamados – alerta, coesão, forrageio –

3.3.1.2. Teste das distâncias

O teste das distâncias ocorreu também em cativeiro, porém exclusivamente no PESC, durante os mesmos dias da coleta das vocalizações descritas no item 3.3.1.1. O total gravado durante estes testes foi de aproximadamente 33 horas. Todas as gravações foram realizadas no período das 8h às 16h, tendo em vista os horários de abertura e fechamento do local.

Aqui, os testes foram realizados por meio dos *SM3*, para testar a capacidade e qualidade destes a diferentes distâncias e estimar um limite para este aparelho, ou seja, a distância máxima para que ele registre as vocalizações de *L. chrysopygus* especificamente. Para tal, um único *SM3* foi disposto em diferentes locais distantes do recinto onde os espécimes se encontravam. Essas distâncias foram equivalentes a: 8, 16, 28, 52, 98, 122, 139, 155, 173, 194 e 202 metros. Não foi possível manter uma distância lógica e gradual entre os gravadores, pois estes eram acoplados a árvores (Figura 7), as quais estão dispostas de maneira aleatória no parque. Foram então anotadas as distâncias correspondentes para cada coleta, a fim de ser feito um controle na hora da análise dos dados coletados. Também para este teste, *playbacks* foram reproduzidos para que os primatas fossem estimulados a vocalizar. Uma vez acoplado, o gravador era deixado ali por cerca de 3 horas. Passado esse tempo, ele era retirado e instalado na árvore correspondente à distância seguinte e assim por diante, até a última a ser testada.



Figura 7. Instalação do gravador: durante os testes de distância.

3.3.1.3. Testes *in situ*

A etapa em campo ocorreu na fazenda Santa Maria. Neste local, foram espalhados 12 *SM3*, durante os dias 15 a 29 de julho de 2016, dentro de uma área de vida previamente conhecida, na qual os últimos encontros com espécimes de *L. chrysopygus* foram relatados. O trabalho de campo consistiu em três dias, sendo dois para a instalação dos aparelhos e um para a retirada. Com os resultados obtidos pelos testes de capacidade dos gravadores (item 4.3), puderam ser obtidos os limites desses aparelhos. Portanto, dentro da área, cujas medidas eram 1 x 1,5 km, os *SM3* foram espalhados a uma distância de 300 metros um do outro, levando em conta que o som se propaga menos em áreas mais densas, para que cada um cobrisse um raio de 150 metros (Figura 8). Nota-se que os gravadores *AR08* e *AR09* foram posicionados 150 metros distantes daqueles logo acima, *AR05* e *AR07* (Figura 8). Isso ocorreu devido ao fato de seus pontos de instalação originais (a 300 metros, como os demais) estarem localizados em áreas inacessíveis, de vegetação muito densa, impedindo o acesso. O tempo total de gravação, do início até o esgotamento dos cartões de memória, foi de 985 horas, dos dias 17 a 27 de julho de 2016. O período programado para as gravações foi das 6h30 às 11h e das 14h às 17h30, baseando-se no período de atividade da espécie-alvo. Passado o prazo, os gravadores, que registraram todo o *soundscape* da área, foram então recolhidos. Neste teste, cada *SM3* foi numerado, para a posterior análise dos dados associados (Figura 8). Nesta etapa, nada além de posicionar os gravadores foi feito pelo pesquisador, deixando que tudo o que eles gravassem tenha sido de forma natural, sem a interferência humana.

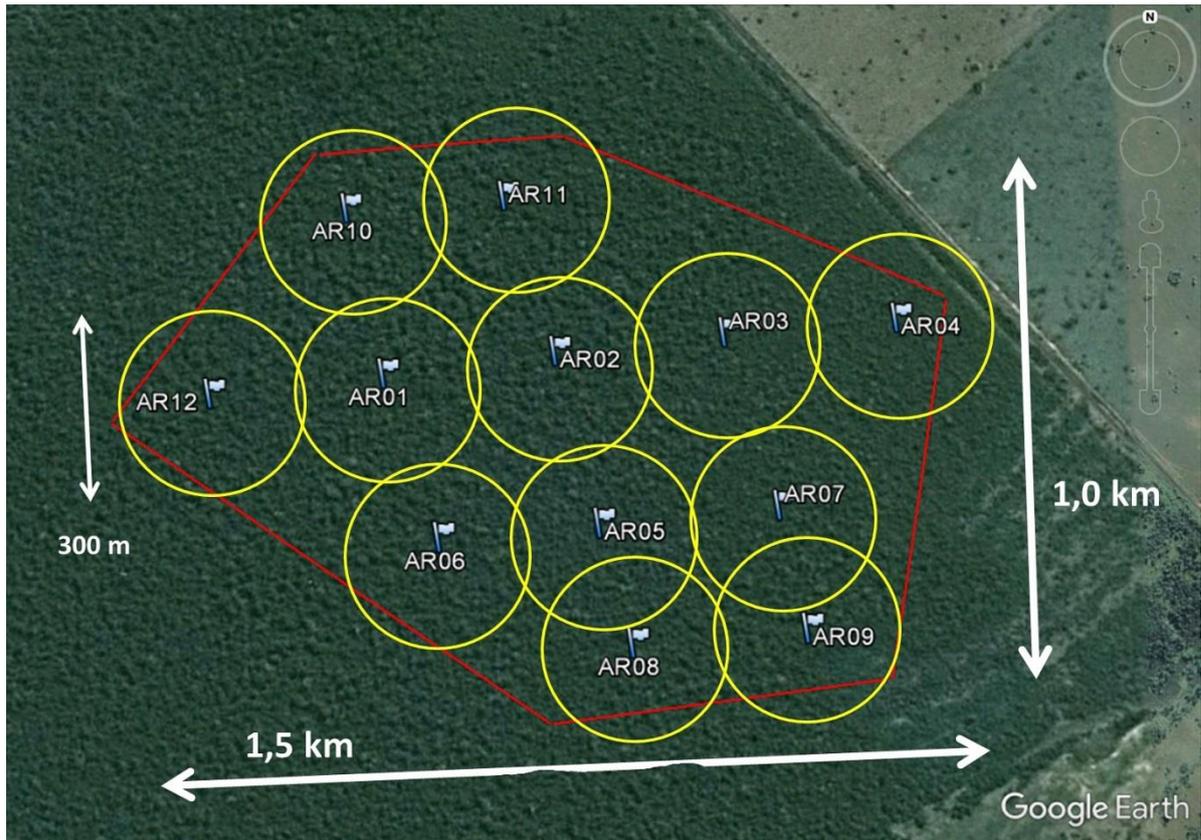


Figura 8. Disposição dos SM3 em Santa Maria: a área delimitada em vermelho representa os limites da área de vida de uma população de *L. chrysopygus* no local. Cada bandeira sinaliza o local exato onde os gravadores foram colocados dentro da área, sendo que cada círculo amarelo, com diâmetros proporcionais a 300m, representa a área de atuação dos gravadores, ou seja, o emissor precisa estar dentro do círculo para que seu sinal acústico seja gravado.

3.3.2. Análise de dados

A análise automática das gravações foi efetuada pelo software *Raven Pro*, versão 1.5. Este é um programa desenvolvido pela *Cornell University*, EUA, que possibilita a análise de diversas paisagens sonoras referentes a gravações que são submetidas a ele. Os dados são divididos por data e hora, conforme programados previamente no gravador autônomo utilizado. Detalhadamente são mostradas todas as fonias do ambiente, marcando sua amplitude e frequência em relação ao tempo de duração de cada som. O programa ainda permite eliminar antropofonias (avião, automóvel), geofonias (chuva, vento) e até mesmo biofonias de outro animal em questão que sejam indesejadas, facilitando a análise direta da espécie-alvo (fonte: www.birds.cornell.edu/raven).

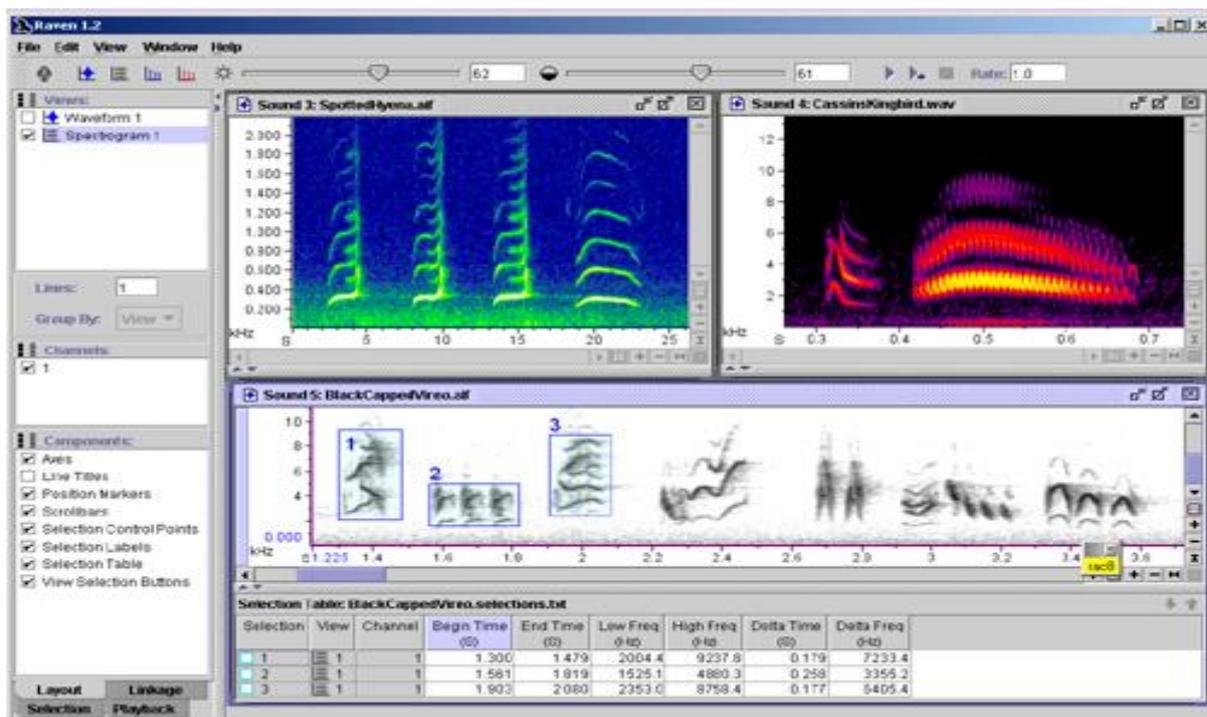


Figura 9. Layout do Raven Pro 1.5: a figura mostra a vocalização de diversas espécies de animais de um soundscape, relacionando suas frequências pelo tempo de duração das mesmas, evidenciando suas amplitudes.

Todos os dados obtidos pelos *SM3* e pelo *H4nex* foram submetidos ao *Raven Pro 1.5*, o qual disponibilizou os espectrogramas dos respectivos arquivos. Na análise propriamente dita, o programa pode acertar, ou seja, detectar de fato vocalizações de *L. chrysopygus*, ou errar, se equivocando quanto às vocalizações. No caso de ocorrência de detecções de mais de uma nota de uma única vocalização, contabilizou-se apenas uma vez. Para expressar os resultados das análises realizadas pelo *software*, foram utilizados os conceitos de falso positivo, falso negativo, verdadeiro positivo e verdadeiro negativo (AIDE *et al*, 2013):

Falso positivo: vocalização detectada pelo programa, mas erroneamente. A vocalização não se refere à *L. chrysopygus* e sim a outro efeito sonoro, seja zoofonia, geofonia ou antropofonia.

Falso negativo: é o contrário de falso positivo. O programa não detecta a vocalização, quando na realidade ela existe dentro do arquivo.

Verdadeiro positivo: uma detecção perfeita, ou seja, o programa detectou e identificou corretamente o chamado (*long call*) emitido por *L. chrysopygus*.

Verdadeiro negativo: o conceito menos utilizado, já que se refere a algo que não precisa ser mencionado. Não houve detecção, pelo simples fato de não haver a vocalização-alvo no arquivo.

Os *SM3* registraram todos os sons a partir de dois canais. Contudo, os detectores automáticos do *Raven Pro 1.5* foram programados para rodar em apenas um dos canais, de acordo com uma análise manual prévia a qual selecionou o canal que possuía um espectrograma mais evidente. Dessa maneira, evita-se a duplicação de resultados.

Os parâmetros envolvidos no sistema automático de detecção do *Raven Pro 1.5* são variados e podem ser selecionados livremente de acordo com o objetivo de determinado estudo. O fato de os padrões serem personalizáveis permite uma máxima exploração dos dados com o intuito de obter uma análise ótima no final, com um número considerável de verdadeiros positivos.

Tendo isso em vista, as variáveis que compuseram o parâmetro de detecção e que podem ser alteradas são (CHARIF *et al*, 2010):

Frequência Máxima: indica até qual frequência, em kHz, o detector deverá entender que tal nota é de interesse ao estudo.

Frequência Mínima: indica qual a frequência mais baixa, em kHz, que a nota de interesse deve ter.

Duração Máxima: indica quanto tempo, em segundos, a nota de interesse deve soar.

Duração Mínima: indica qual o menor tempo, em segundos, o qual a nota deve ter tido.

Separação Mínima: indica quanto tempo, em segundos, existe de hiato entre uma nota e outra, ou seja, qual o intervalo de tempo menor entre uma nota e outra.

Ocupância: indica a porcentagem da amostra que se destacará em relação ao fundo da gravação, o quão evidente a amostra deve ser.

Limiar de Relação Sinal-Ruído (*SNR Threshold*): essa medida indica a quantidade de energia da amostra em relação ao ambiente, ou seja, o quão forte deve ser o sinal para ser considerado uma amostra. É uma medida variável quando se trata de distâncias.

Os testes dos parâmetros realizados neste estudo (item 4.2) foram justamente para comprovar qual seria a melhor configuração para essas variáveis, de forma que o programa detectasse as vocalizações de *L. chrysopygus* de uma maneira eficiente (aquela com maior número de verdadeiros positivos), confundindo-as o menos possível com outros ruídos, seja de zoofonia, geofonia ou antropofonia. Para suas realizações, foram escolhidas gravações geradas pelo *SM3* que possuíam diferentes tipos de vocalizações e espécies, sendo que estas deveriam estar bem destacadas, em uma amostra ideal.

Para todos os testes, sempre foi utilizada uma detecção manual concomitantemente à detecção automática. Nessa detecção manual, o arquivo com a gravação era aberto no programa *Raven Pro 1.5*, o qual mostrava o espectrograma, idêntico à detecção automática. Contudo, ao invés de deixar que apenas o programa analisasse os dados, isto era feito, visualmente, pelo pesquisador. Cada vocalização visualizada de *L. chrysopygus* era então marcada. Os dados resultantes são, na verdade, os verdadeiros positivos, ou seja, todas as vocalizações presentes no arquivo, registradas pelo *SM3*. Estes números serviram de comparação para se achar a quantidade de falsos negativos, resultantes da detecção automática.

4. RESULTADOS

4.1. Padrão de vocalizações

Obtivemos gravações de *long call* de todos os taxa de interesse (Tabela 1), com exceção de *C. aurita*, o qual emitiu apenas chamados curtos durante as gravações.

Tabela 1. Principais características dos long calls: de cada espécie de Callitrichidae analisada. O parâmetro "notas" se refere ao número de notas emitidas. Legendas: LCp = *L. chrysopygus*; LR = *L. rosalia*; LCm = *L. chrysomelas*; CP = *C. penicillata*; CJ = *C. jacchus*.

Espécie	LCp	LR	LCm	CP	CJ
Notas	12 – 18	15 – 18	18 – 24	3 – 6	3 – 5
Frequência mínima (kHz)	4,7	4,6	5,3	5,3	5,4
Frequência máxima (kHz)	12,4	8,7	10,4	9,3	7,1
Maior espaçamento (s)	0,2	0,18	0,1	0,2	0,2
Menor espaçamento (s)	0,04	0,03	0,07	0,1	0,2
Maior nota (s)	0,4	0,5	0,17	0,4	0,6
Menor nota (s)	0,09	0,04	0,04	0,08	0,6
Duração total média (s) (\pm desvio padrão)	4,1 (\pm 0,34)	3,3 (\pm 0,55)	2,9 (\pm 0,48)	1,8 (\pm 0,85)	2,4 (\pm 0,82)

Dentro do gênero *Leontopithecus*, nota-se que todas as espécies possuem uma redução gradual de frequência nas últimas notas do *long call* (Figura 13). O espaço entre uma nota e outra, ou seja, o tempo de hiato entre o fim de uma até o início da próxima, também vai aumentando conforme chega o fim da vocalização.

O campo harmônico selecionado para o estabelecimento dos padrões e análises foi o primeiro, o mais baixo (Anexo I). Este campo é o único que se mostra intacto conforme as distâncias gravador-alvo vão aumentando (Figura 17), por ser o sinal principal e mais forte (notas emitidas em maiores dB), segundo as observações das gravações.

***L. chrysopygus*:** apresenta uma vocalização extremamente variável, sendo 86% delas (83/96) compostas de 12 a 18 notas. Contudo, os *long calls* com maiores intensidades, ou seja, que possuíam um volume maior e propagação mais vibrante, apresentaram mais notas que os "normais", entre 20 e 23, representando 16% (17/96) dos casos observados. Essas ocasiões correspondiam a vocalizações imediatas de resposta ao *playback* quando este era tocado. A vocalização dura, em média, 4,1 \pm 0,34 segundos (N=96). As notas de menor frequência, as primeiras, possuem por volta de 4,7 kHz e a de maior frequência, a última, entre 10,9 e 12,4

kHz. O menor espaço entre notas se dá entre a primeira e a segunda, em torno de 0,04 segundos. Já o maior está entre as duas últimas, com 0,2 segundos. A maior nota emitida geralmente é a penúltima, com duração de 0,4 segundos. A menor nota está entre a segunda e a sétima, com 0,09 segundos (Tabela 1). Após a última nota que compõe o *long call* é possível observar uma série de notas secas e curtas, de frequência mínima de 5 kHz e máxima de 9 kHz (Figura 10), de duração 0,1 segundo e de quantidade variável, sempre acima de 4. Tais notas não foram observadas em nenhuma outra espécie em uma quantidade tão grande como nessa, acima de três, podendo ser um diferencial. Em 100% das ocasiões, os *long calls* emitidos pelos indivíduos da espécie compunham duetos entre o casal (Figura 10). Segundo as observações, o indivíduo que vocalizava por último no dueto emitia sinal mais curto.

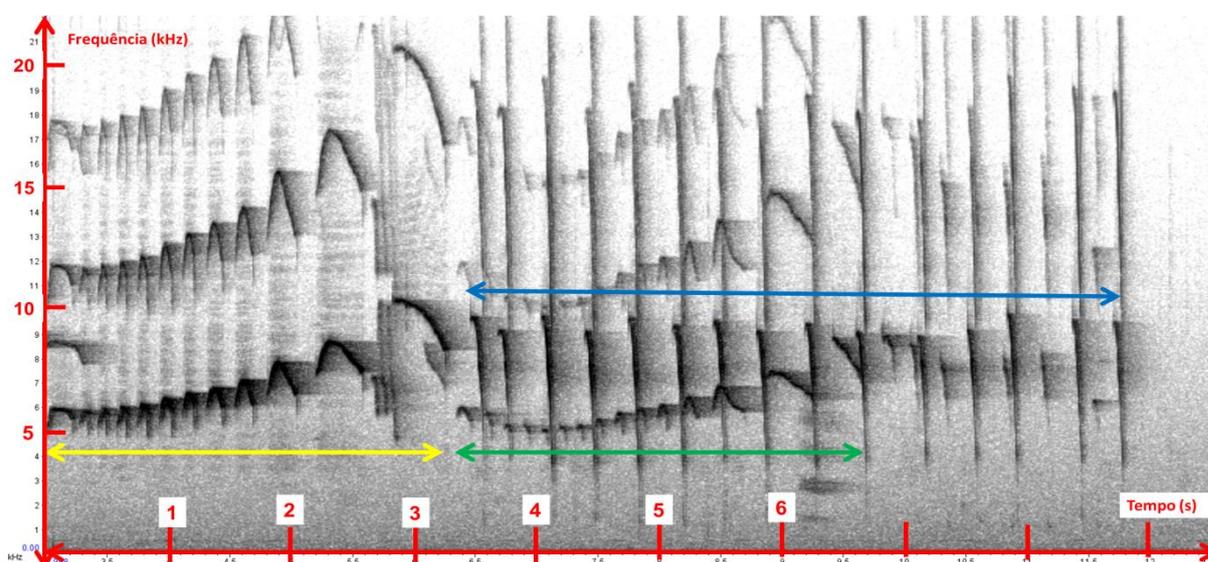


Figura 10. Vocalização de *L. chrysopygus*: em amarelo, o *long call* de um indivíduo, enquanto que verde está delimitado o *long call* de um segundo indivíduo, demonstrando um dueto. Em azul estão apontadas as notas curtas, que seguem o *long call*.

L. rosalia: apresenta uma vocalização cuja quantidade de notas, no geral, varia de 15 a 17. A duração média do *long call* é de $3,7 \pm 0,55$ segundos (N=8). A nota de menor frequência é a primeira, com 4,6 kHz, enquanto que a de maior frequência, a última, atinge 8,7 kHz (Tabela 1; Figura 11). O menor espaço entre notas é da primeira para a segunda, com 0,03 segundos. As que constituem o corpo da vocalização apresentam 0,06 segundos, enquanto que a distância entre a penúltima e a última nota é a maior: 0,18 segundos (Tabela 1). Usualmente, a maior nota é a última, com 0,5 segundos de duração. Porém foi observada em algumas ocasiões uma união entre a primeira e a segunda nota, podendo também atingir 0,5 segundos. A quinta, sexta e sétima notas representam as menores durações, com 0,04 segundos. Assim como em *L. chrysopygus*, essa espécie apresenta notas

curtas após alguns *long calls*, de frequência mínima 5,8 kHz, máxima de 8,7 kHz e com 0,09 segundos de duração (Figura 11). Todavia, a quantidade dessas notas nunca foi maior que três nos indivíduos observados, o que difere as duas espécies (Figura 13).

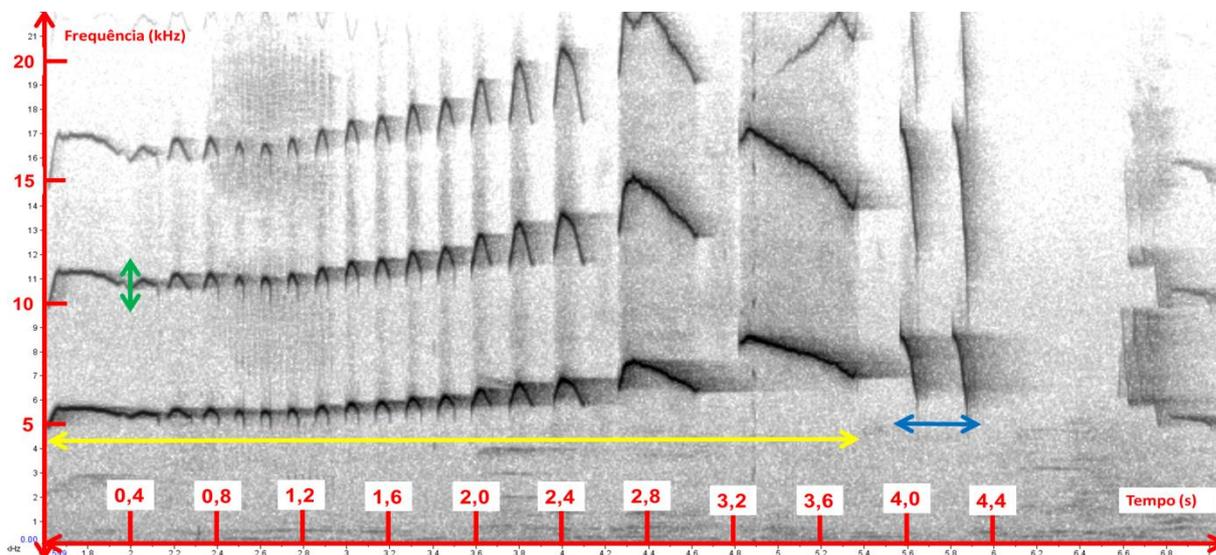


Figura 11. Vocalização de *L. rosalia*: em amarelo o *long call*, em azul notas secas e mais curtas. Nota-se que a primeira e a segunda notas estão unidas, tendo a linha verde como delimitante entre elas.

***L. chrysomelas*:** apresenta uma vocalização cuja quantidade de notas varia de 18 a 24. É uma vocalização mais rápida e com notas mais curtas e menos espaçadas entre si (Figura 13), com duração média total de $2,9 \pm 0,48$ segundos ($N=17$) (Tabela 1). As vocalizações mais longas e com maior quantidade de notas sempre eram aquelas de resposta imediata ao *playback* ou a outro *long call* emitido por um *L. chrysopygus*. A nota de menor frequência vai da primeira à sétima, com 5,3 kHz, enquanto que a última possui a maior frequência: 10,4 kHz (Tabela 1; Figura 12). O espaçamento entre as notas se mantém equivalente durante boa parte da vocalização, de 0,06 a 0,07 segundos, mudando apenas entre as últimas notas, onde o maior espaço dura 0,1 segundo. Da segunda até a sexta, cada nota dura em torno de 0,04 segundos. Da sétima até a décima terceira, em torno de 0,06 segundos. As próximas duas 0,08 segundos. Por fim, as seguintes apresentam duração de respectivamente 0,12, 0,15 e 0,17 segundos, sendo a última a maior nota (Figura 12). Nessa espécie não foram observadas as notas seguintes ao *long call*, como nas outras duas do gênero (Figura 13).

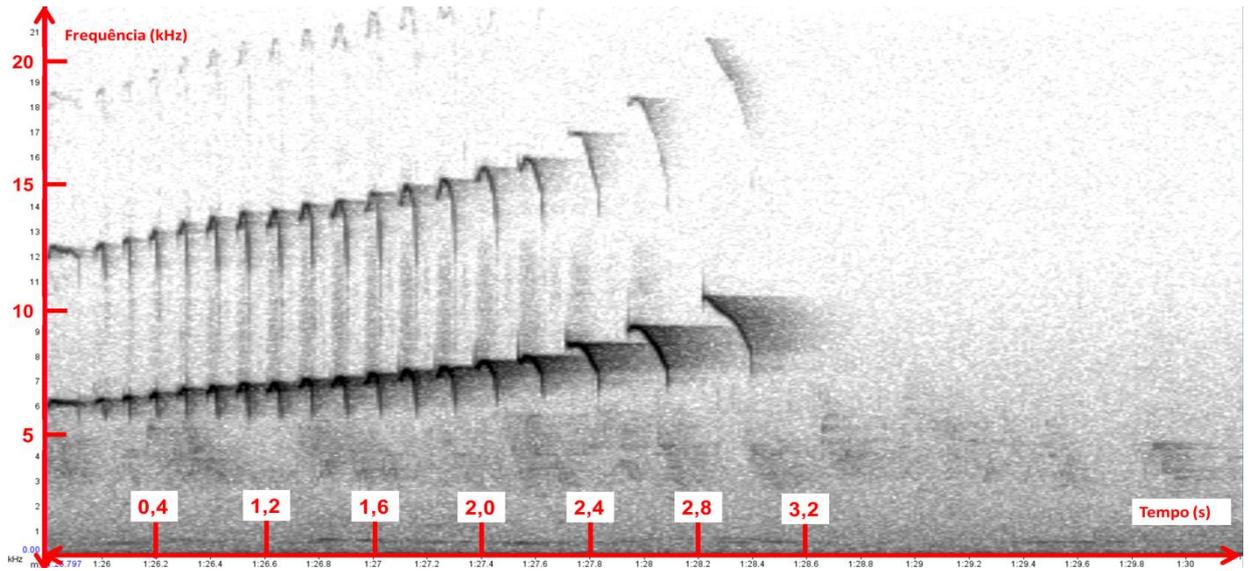


Figura 12. Vocalização de *L. chrysomelas*: nota-se a forma padrão em todas as notas da vocalização, característica da espécie, embora apresentem durações distintas.

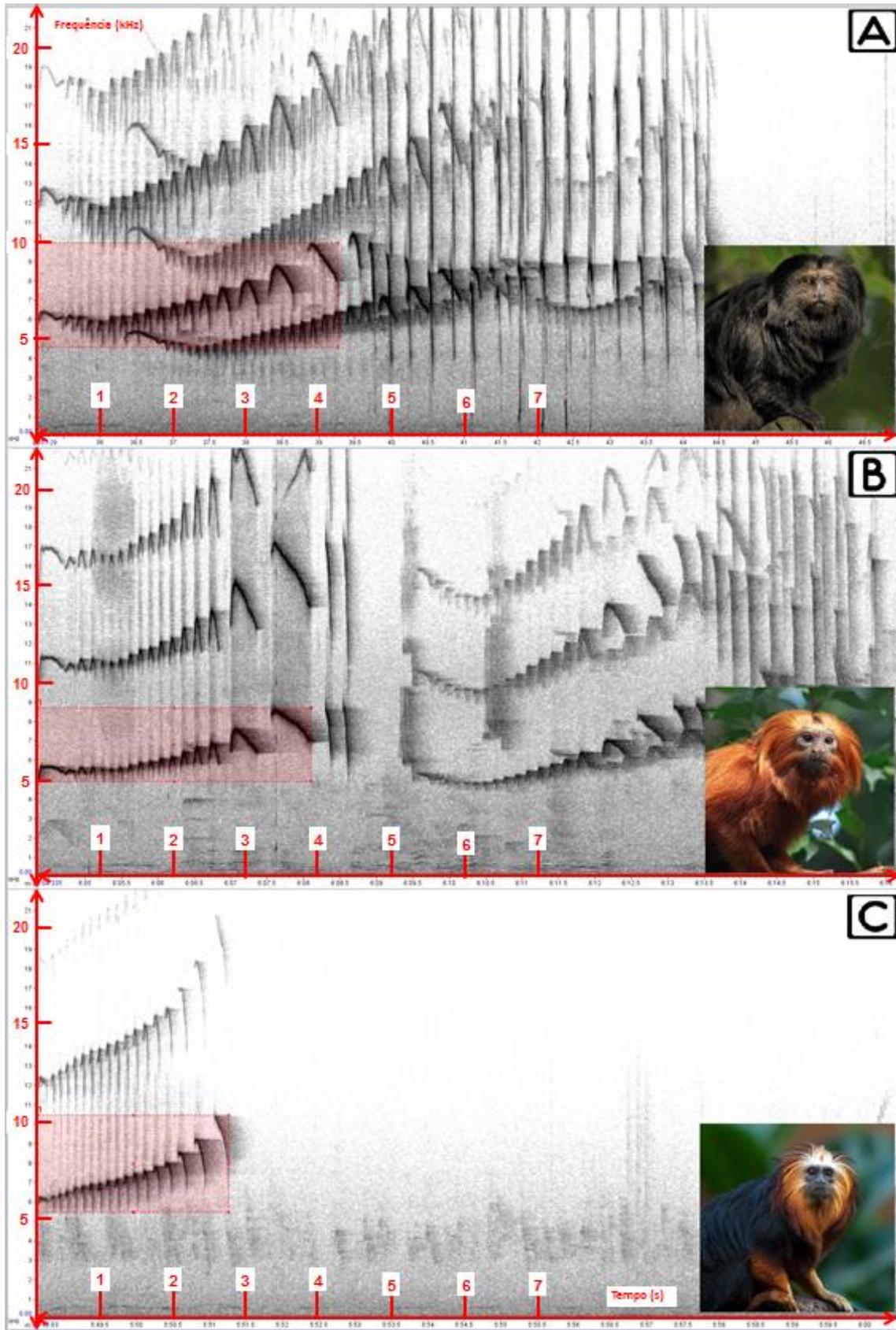


Figura 13. Comparação entre os long calls: de *L. chrysopygus* (A), *L. rosalia* (B) e *L. chrysomelas* (C), com os eixos na escala ($x = 1$ s, representando o tempo e $y = 5$ kHz, representando a frequência).

C. penicillata: suas vocalizações são compostas de 3 a 6 notas longas (Figura 14). Estas são crescentes em tempo de duração, não havendo muita oscilação de frequência durante a vocalização. É quase indistinguível em relação a *C. jacchus*. Tem uma duração total de $1,8 \pm 0,85$ segundos (N=18) (Tabela 1), sendo que as maiores notas, as duas últimas, duram 0,4 segundos. A menor, a primeira, dura 0,08 segundos. A frequência mínima da vocalização é de 5,3 kHz, enquanto que a máxima atinge 9,3 kHz (Tabela 1). O espaço entre as notas varia de 0,1 a 0,2 segundos.

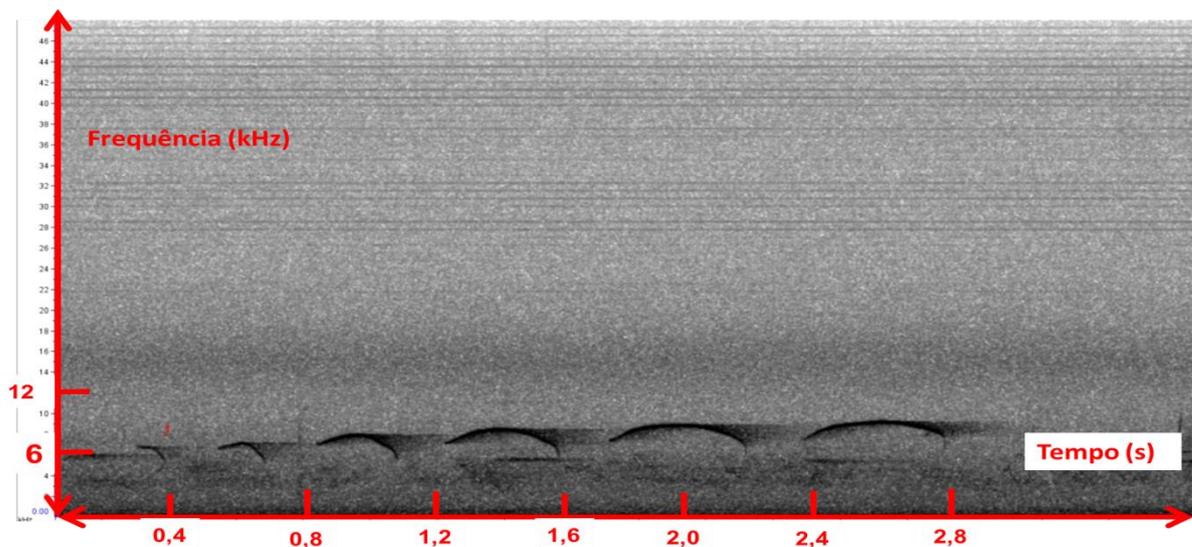


Figura 14. Vocalização de *C. penicillata*.

C. jacchus: suas vocalizações são compostas de 3 a 5 notas longas, constantes e de padrão igual entre si (Figura 15). Existe um leve aumento de frequência, sendo a mínima de 5,4 kHz e máxima de 7,1 kHz. A vocalização total tem duração de $2,4 \pm 0,82$ segundos (N=14) (Tabela 1), com cada nota durando 0,6 segundos. O espaço entre elas é de 0,2 segundos.

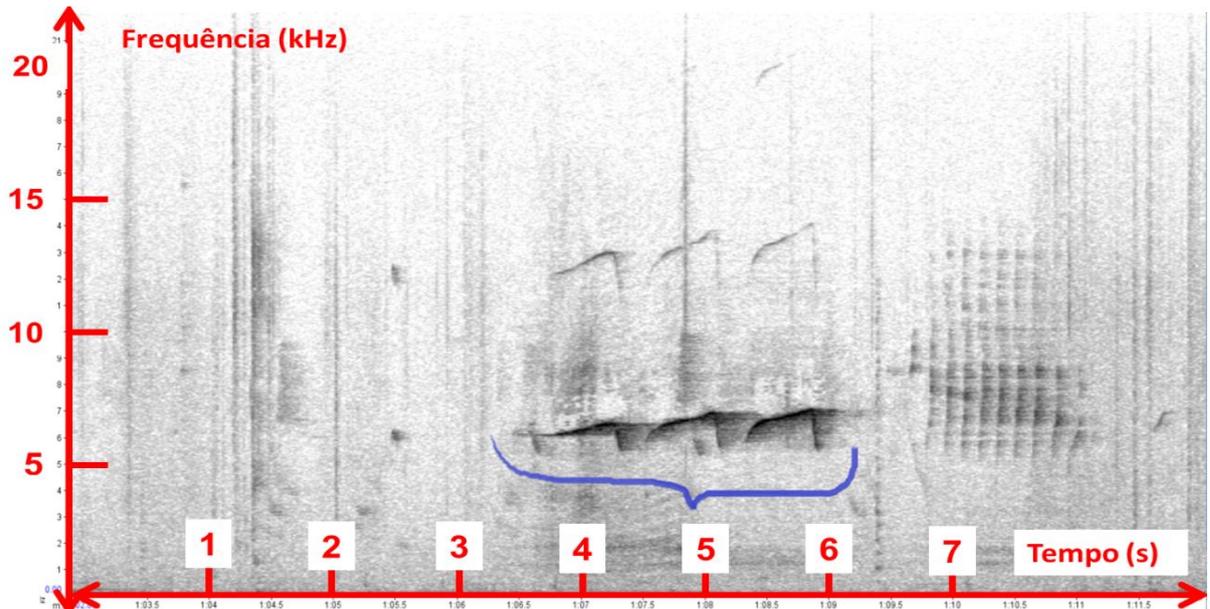


Figura 15. Vocalização de *C. jacchus*: em azul.

C. aurita: as vocalizações representadas pela Figura 16 contêm sons aleatórios emitidos pelos indivíduos. Não foi realizado nenhum *long call* durante as gravações. Tais sons lembram os curtos chamados emitidos por *L. rosalia* e *L. chrysopygus* após a emissão do *long call*. A frequência máxima atingida é de 7,1 kHz. Não foi possível estimar um tempo exato de duração do chamado todo, tendo uma variação muito grande. A maior nota, contudo, durou 0,06 segundos.

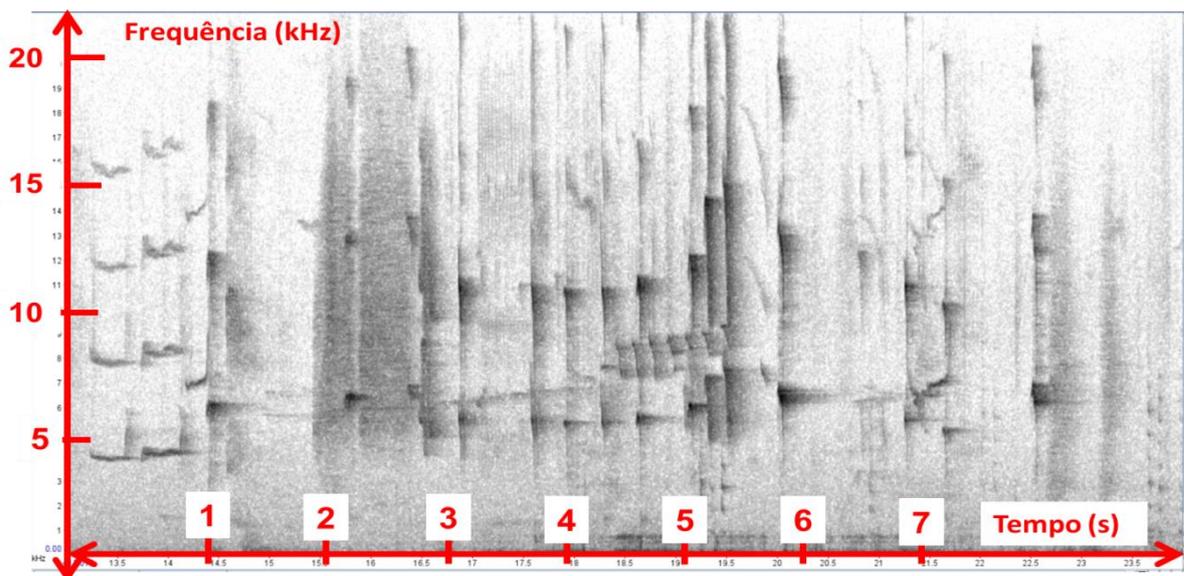


Figura 16. Chamado de *C. aurita*: cada "ponto preto" representa uma nota do chamado.

4.2. Testes dos parâmetros

Para a obtenção da amostra do teste dos parâmetros, foram juntadas duas gravações as quais possuíam todas as vocalizações desejadas, uma vez que em nenhuma gravação boa (para o programa) continha todas concomitantemente. Em um total de 15 minutos, o arquivo apresentava: 176 cantos de aves; 8 vocalizações de *L. chrysopygus*; 5 de *L. chrysomelas*; 3 de *L. rosalia*; 27 de *C. penicillata*; 14 de *C. jacchus*; 6 antropofonias.

Tabela 2. Parâmetros escolhidos para cada teste: de acordo com as variáveis. Estas são apresentadas pelo Raven Pro 1.5 para que determinada detecção ocorra da maneira desejada, podendo ser alterada a qualquer momento de acordo com o objetivo da análise. A tabela mostra diferentes parâmetros para diferentes meios de detecção, sempre objetivando o alvo, L. chrysopygus. Legenda: SNR = limiar de relação sinal-ruído.

Teste	A	B	C	D	E
Frequência Máxima (kHz)	13	13	13	13	13
Frequência Mínima (kHz)	4,5	8	4,5	7	4,5
Duração Máxima (s)	0,5	0,5	5	0,25	0,5
Duração Mínima (s)	0,1	0,3	3	0,05	0,1
Separação Mínima (s)	0,05	0,2	0,2	0,2	0,05
Ocupância (%)	70	70	70	70	30
SNR (dB)	10	10	10	10	10

Cada teste escolhido foi baseado em uma característica que fosse marcante nos *long calls* de *L. chrysopygus* e que os distinguiam das demais.

Teste A: visa a localização geral e abrangente de cada uma das notas que compõem a vocalização.

Teste B: visa a detecção da última nota do *long call*.

Teste C: visa a detecção da vocalização como um todo, todo o *long call*, não apenas uma nota deste.

Teste D: visa a detecção da última e penúltima nota, por meio do espaçamento entre as duas.

Teste E: semelhante ao teste A, porém tendo como objetivo vocalizações que estejam mais distantes, ou seja, cujos espectrogramas aparecem de maneira apagada e fraca.

Nota-se que para a contabilização dos resultados finais de cada teste excluem-se notas de uma mesma vocalização. Por exemplo, em um canto com 15 notas, o programa detectou 7 delas. Apenas foi contabilizada uma ao invés de sete, pois o objetivo é contabilizar a vocalização, independente de qual nota foi detectada. Mesmo que o parâmetro seja programado para detectar uma nota específica, como no caso do teste B, não é relevante a distinção dessa nota. É apenas um caminho para encontrar a vocalização em meio a outros sons do arquivo.

Outro destaque a se fazer é a manutenção da frequência máxima e do SNR. O primeiro foi mantido devido ao simples fato de ser o limite das vocalizações. Já o segundo não foi alterado porque não houve observação de notas de *L. chrysopygus* abaixo de 30 dB. A menor detectada apresentava 33 dB. Contudo, ao fixar essa variável em 30 dB, não foi detectada nenhuma vocalização, em nenhum dos testes. Assim, manteve-se a 10 dB, configuração padrão do programa.

*Tabela 3. Análises dos testes dos parâmetros: compilado dos resultados das análises automáticas desses testes. Nota-se que as detecções de outros Callitrichidae que não sejam *L. chrysopygus* são também considerados falsos positivos. Os denominadores representam o número total de ocorrências daquela espécie dentro do arquivo montado. A coluna "Outros" engloba cantos de insetos, aves e geofonia. Legenda: LCp = *L. chrysopygus*; LR = *L. rosalia*; LCm = *L. chrysomelas*; CP = *C. penicillata*; CJ = *C. jacchus*.*

Teste	LCp	LR	LCm	CP	CJ	Outros	Falsos positivos
A	8/8	2/3	1/5	2/27	2/14	85/182	92
B	4/8	0/3	0/5	4/27	0/14	10/182	14
C	0/8	0/3	0/5	0/27	0/14	0/182	0
D	5/8	0/3	0/5	5/27	2/14	57/182	64
E	8/8	2/3	2/5	6/27	1/14	97/182	108

Existem diferenças marcantes quanto aos resultados provenientes de parâmetros distintos. Quando analisadas as características dos *long calls* das

espécies de Callitrichidae, o que parece distinguível entre elas é a duração média da vocalização. Porém, o teste C, que visava a vocalização total, se mostrou o mais ineficiente, não detectando nada (Tabela 3). Os testes B e D, que visam notas específicas se mostram eficientes para a distinção das espécies do gênero *Leontopithecus*, embora não quanto ao gênero *Callithrix* (Tabela 3). Ainda assim, não conseguiram detectar todas as ocorrências de *L. chrysopygus*. Por outro lado, apesar da grande quantidade de falsos positivos, os testes A e E foram os mais eficientes, detectando todas as ocorrências. Dentre os dois, a menor taxa de falsos positivos do teste A fez com que este fosse escolhido para a detecção automática durante os testes de distância em cativeiro e, posteriormente, em campo.

4.3. Testes de distância em cativeiro

Com os SM3 dispostos de 8 a 202 metros em relação ao recinto, esses gravadores se mostraram muito eficientes ao registrar as vocalizações de *L. chrysopygus*, em um panorama geral. Contudo, nas distâncias mais curtas (8 e 16 metros) o som acabou por estourar, devido a altas frequências em um volume muito alto, somados a uma alta taxa de ganho programado pelo aparelho. Por outro lado, as distâncias maiores (194 metros) apresentaram seus espectrogramas de forma apagada quando seus arquivos foram submetidos ao *Raven Pro 1.5*, devido à baixa amplitude de som, ou seja, baixo volume (Figura 17). Na distância de 202 metros, o gravador não conseguiu registrar os sons desejados.

Portanto, as distâncias máximas para a análise das vocalizações seriam entre 175 a 180 metros, com o ideal entre 30 e 150 metros (Figura 17). As mínimas, por sua vez, seriam a partir de 20 metros. Por fim, foram submetidos ao programa apenas os arquivos referentes às gravações cujas distâncias equivaliam de 16 a 173 metros. As distâncias menores e maiores (8 e 194 metros) foram descartadas pelos motivos explicados anteriormente. Os dois extremos selecionados, 16 e 173 metros, foram mantidos por apresentarem uma boa amostra de vocalizações intactas, apesar de também conter os problemas apresentados nas descartadas.

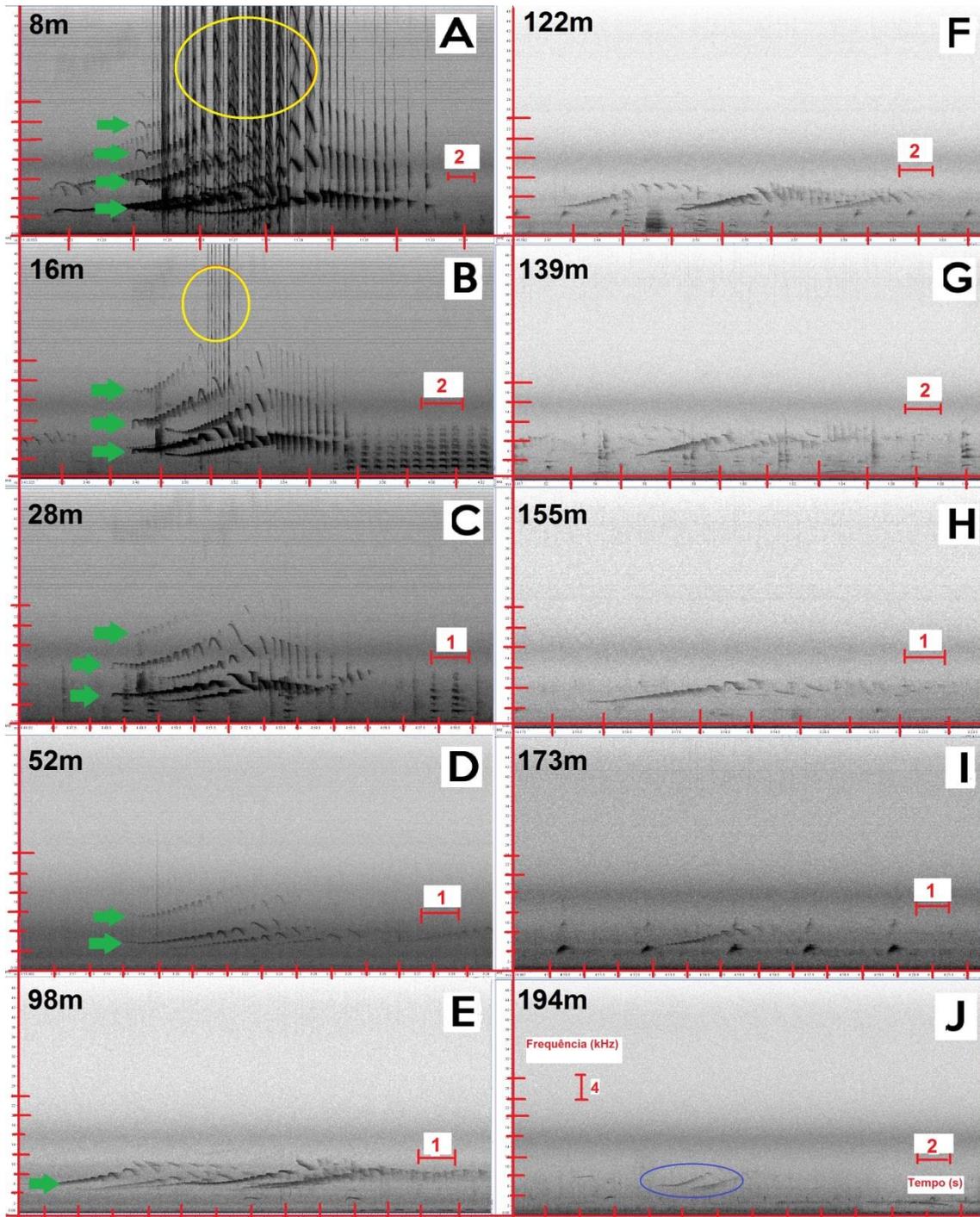


Figura 17. Gravações do SM3 a cada distância: os círculos destacam aberrações no espectrograma. Em amarelo, nas imagens "a" e "b", são ilustradas vocalizações estouradas, ou seja, com amplitudes que excedem as capacidades dos gravadores. Em azul, na imagem "j", é ilustrada uma vocalização muito mais apagada, referente a uma baixíssima amplitude. As setas verdes nas imagens "a", "b", "c", "d" e "e" representam os campos harmônicos dos sons, sendo o primeiro indicado pela seta mais embaixo na imagem, o segundo aquela acima da primeira e assim sucessivamente. Nota-se que de 4 campos, como presente na imagem "a", seu número vai diminuindo conforme a distância gravador-alvo vai aumentando. Em "d" só é possível observar dois campos harmônicos, dos quais apenas o primeiro persiste a partir de "e". Nota-se que em todas as figuras, a unidade arbitrária para o eixo y é a mesma, 4. Os número no canto inferior direito de cada figura representam as unidades para o eixo x, 1 ou 2.

Além da detecção de *L. chrysopygus*, o *Raven Pro 1.5* acabou por sinalizar a presença de outros tipos de sons presentes no ambiente (Tabela 4). Dentro de todos os falsos positivos gerados pelo *Raven Pro 1.5* existem diferentes tipos de emissores. São eles: zoofonia, composta principalmente por aves e outras espécies de Callitrichidae; antropofonia, composta por conversas de pessoas e passos em meio à folhagem; geofonia, composta por barulho de água (Tabela 4).

Tabela 4. Análises dos testes de distância: resultados referentes às detecções do Raven Pro 1.5, avaliando a eficiência do mesmo, em uma comparativa com o número real de vocalizações de L. chrysopygus. A linha "Total" indica a somatória de todas as detecções, em cada distância, realizada pelo programa. A última linha "Detecção manual" é referente a todas as vocalizações de L. chrysopygus obtidas pelo gravador em cada distância, vistas durante a detecção manual. A coluna "Total" indica a quantidade de detecções nas distâncias, de acordo com cada emissor. Legendas: LCp = L. chrysopygus; LR = L. rosalia; LCm = L. chrysomelas; CP = C. penicillata.

Distância	16m	28m	52m	98m	122m	139m	155m	173m	Total
LCp	30	11	7	5	0	4	0	0	57
LR	9	1	0	0	0	0	0	0	10
LCm	31	1	0	0	0	0	0	0	32
CP	24	5	1	4	0	0	0	0	34
Aves	674	40	2	30	42	307	176	236	1507
Insetos	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Antropofonia	3	0	0	38	0	107	9	0	157
Geofonia	0	0	1	1	1	0	0	0	3
Total (Raven)	771	58	11	78	44	418	185	236	1801
Detecção manual (SM3)	34	13	12	11	17	18	16	7	128

Tabela 5. Desempenho do Raven Pro 1.5 nos testes de distância: a tabela representa a atuação do programa durante esses testes em forma de porcentagem. As quantidades representam os verdadeiros positivos, falsos negativos e falsos positivos perante os resultados obtidos pela detecção automática do Raven Pro 1.5. O número entre parênteses na coluna "falsos positivos" representa o total de detecções encontradas pelo programa de acordo com as distâncias. Já os dos "falsos negativos" e "verdadeiros positivos" equivalem às ocorrências reais (detecção manual) de *L. chrysopygus*, registradas pelo SM3, a cada distância.

Distância	Verdadeiros positivos (ocorrências)	Falsos negativos (ocorrências)	Falsos positivos (detecções)
16m	88,2% (34)	11,8% (34)	96,1% (771)
28m	84,6% (13)	15,4% (13)	81% (58)
52m	58,4% (12)	41,6% (12)	36,4% (11)
98m	45,4% (11)	54,6% (11)	93,6% (78)
122m	0 (17)	100% (17)	100% (44)
139m	22,2% (18)	77,8% (18)	99% (418)
155m	0 (16)	100% (16)	100% (185)
173m	0 (7)	100% (7)	100% (236)
Total	44,5% (128)	55,5% (128)	96,8% (1801)

Pode ser observada uma grande quantidade de falsos positivos para todas as distâncias testadas, com exceção da equivalente a 52 metros (Tabela 5). Ainda assim, uma boa parcela das vocalizações de *L. chrysopygus* foi detectada pelo programa nas primeiras distâncias, fato que veio a diminuir conforme esta ia aumentando, o que fez com que a taxa de verdadeiros positivos decaísse bastante (Figura 19).

As aves representam a maior parte dos falsos positivos e, independente da distância, sua presença certamente irá gerar detecções equivocadas (Figura 18).

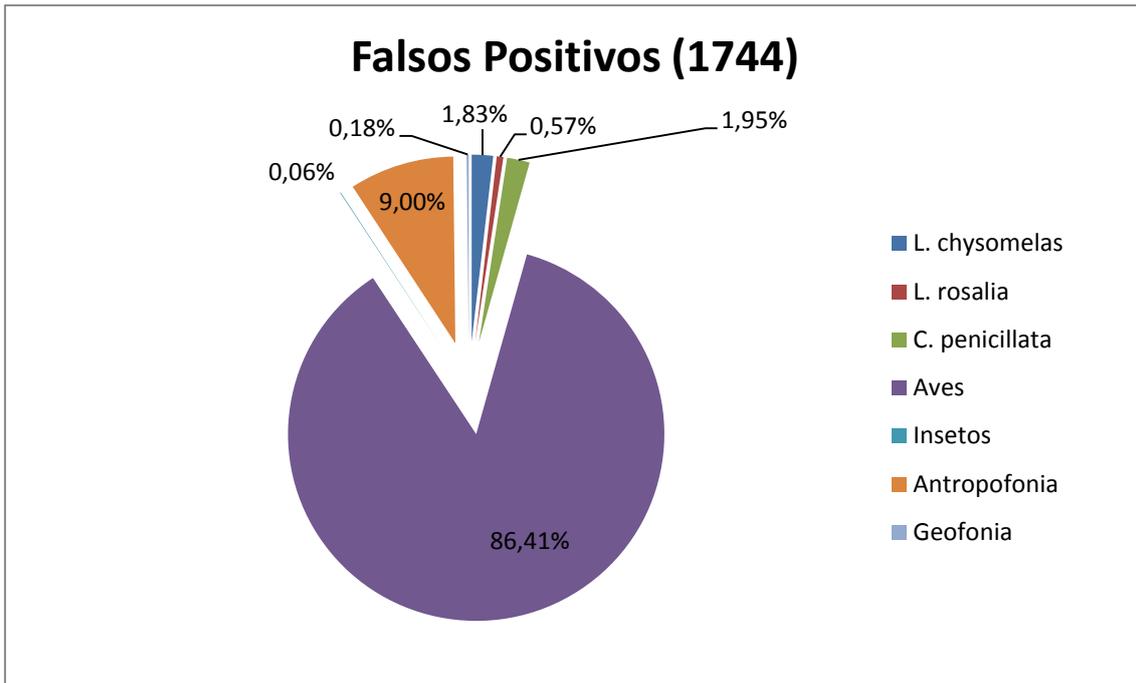


Figura 18. Falsos positivos: variáveis que compõem os falsos positivos, em porcentagem, com um total de 1744 detecções somando-se todos os resultados de cada teste de distância, tendo como base os dados da Tabela 4.

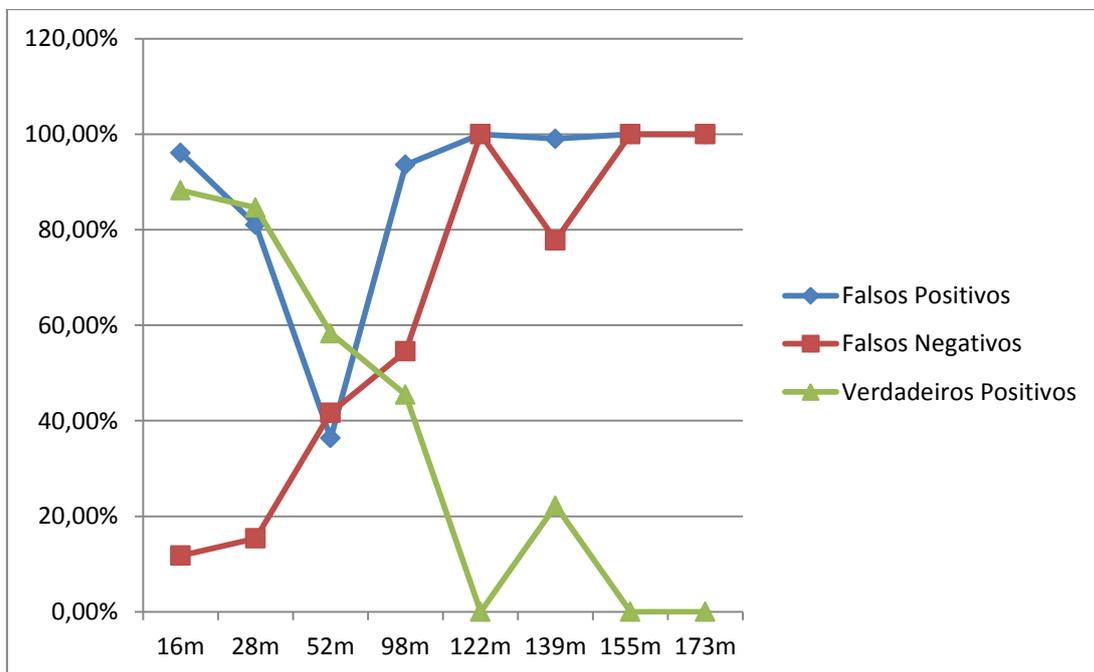


Figura 19. Detecção automática nos testes em cativeiro: falsos positivos, falsos negativos e verdadeiros positivos em função da distância ao gravador conforme os dados apresentados na Tabela 5.

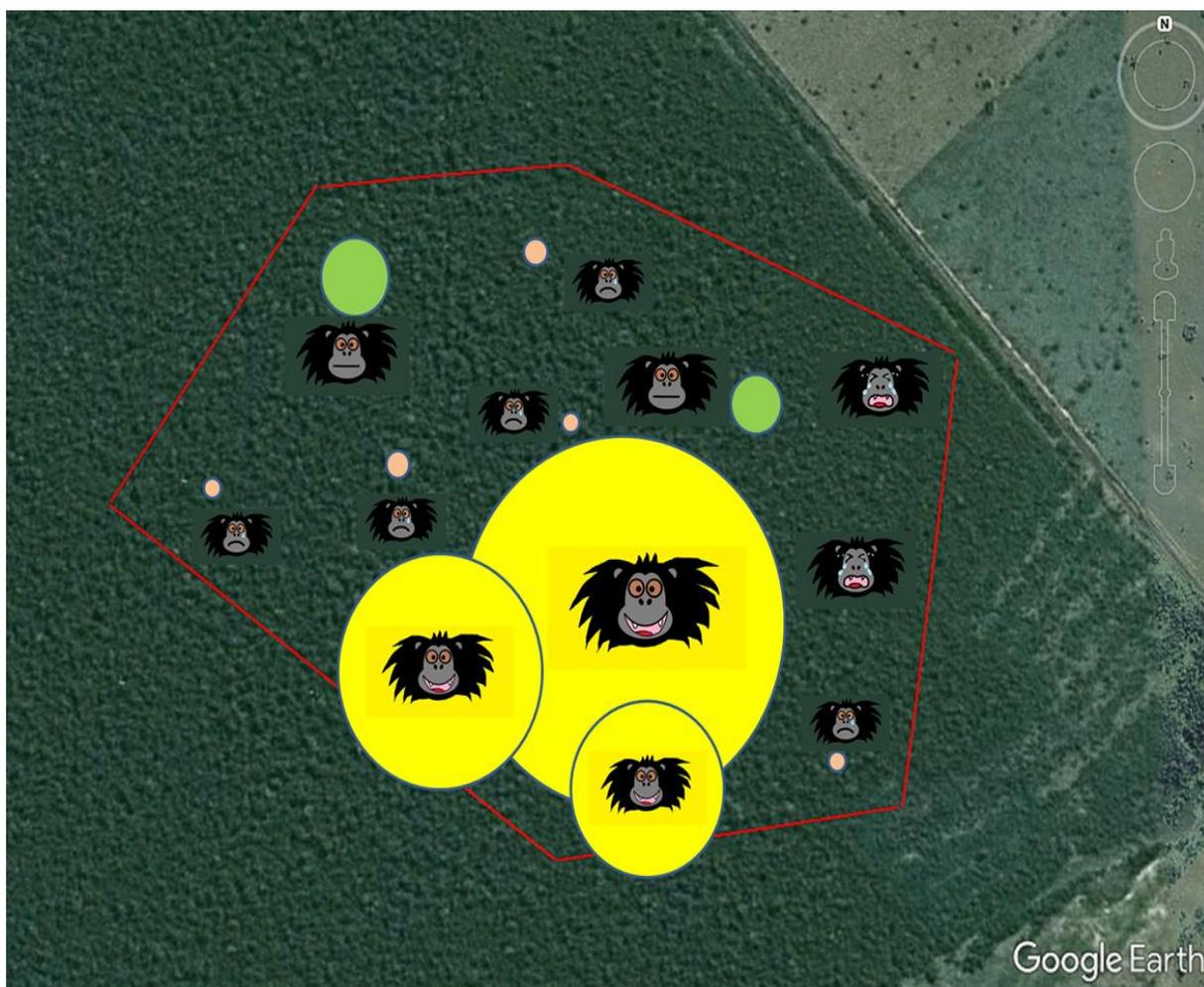
Analisando sob um panorama geral, o *Raven Pro 1.5* foi razoável para a detecção de *L. chrysopygus*, no que se refere aos testes de cativeiro, detectando 44,5% das vocalizações, o que equivale a 57 vezes. Isso é um bom número. Contudo, na somatória de todos os resultados obtidos com os testes de distância, o programa gerou uma quantidade enorme de falsos positivos, com estes atingindo 96,8% de suas detecções. Além disso, o número de falsos negativos ainda supera o de verdadeiros positivos (Tabela 5).

4.4. Testes de campo

Assim como nos testes em cativeiro (item 4.3), os *SM3* foram eficientes quanto à gravação de vocalizações de *L. chrysopygus*, desta vez dentro da área do fragmento no qual foi realizado o estudo, a Fazenda Santa Maria. Durante todos os dias em que os aparelhos gravaram, apenas dois deles, em um total de 12 (*AR04* e *AR07*), não gravaram nenhuma vocalização de *L. chrysopygus* (Tabela 6, Figura 20). Devido ao esgotamento dos cartões de memória em todos os gravadores, foram gravados apenas 10 dias dos 15 em que foram deixados em campo. Os aparelhos *AR02* e *AR07* apresentaram problemas em seus cartões de memória, gravando durante menos tempo em comparação aos demais.

*Tabela 6. Análises dos testes em campo: dados resultantes da análise feita pelo Raven Pro 1.5 e detecção manual com relação a todos os gravadores dispostos in situ. A localização exata de cada gravador pode ser observada na Figura 8, presente no item 3.3.1.3. Assim como na Tabela 4, a coluna "Detecção manual" equivale aos dados referentes aos SM3, ou seja, às vocalizações de *L. chrysopygus* encontradas durante a detecção manual, enquanto que as colunas restantes referem-se a dados resultantes das detecções automáticas do software propriamente dito.*

SM3	Detecção manual (SM3)	Zoofonia (Raven)	Geofonia (Raven)	Horas gravadas
AR01	6	1346	0	91,5
AR02	2	204	0	7,9
AR03	33	2771	32	91,5
AR04	0	3230	1	91,5
AR05	202	981	0	91,5
AR06	129	1801	0	91,5
AR07	0	798	0	62,8
AR08	98	659	0	91,5
AR09	3	1244	3	91,5
AR10	41	662	0	91,5
AR11	8	774	1	91,5
AR12	4	1865	0	91,5
Total	526	16335	37	985,7



alto número de
vocalizações



poucas
vocalizações



bom número de
vocalizações



nenhuma vocalização

Figura 20. Mapa de detecções das vocalizações in situ: localização dos *L. chrysopygus* detectados manualmente (Tabela 6) durante as análises dos testes in situ. O tamanho dos círculos representa, proporcionalmente, a quantidade de vocalizações detectadas por gravador, sendo o centro de cada círculo a localização do aparelho no fragmento. Os círculos amarelos representam a maior concentração, com muitas vocalizações detectadas. Os verdes, uma boa concentração, embora menor. Os roseados, um número bem pequeno de vocalizações, enquanto que os pontos onde estavam os aparelhos AR04 e AR07 não apresentaram detecções.

Durante os testes de campo, o *Raven Pro 1.5* não se mostrou eficiente. 83,5% das detecções representam falsos negativos, o que significa que 440 das 526 vocalizações de *L. chrysopygus* existentes nas gravações não foram detectadas

pelo programa. O número de verdadeiros positivos, apesar de alto (86), representa apenas 16,5% do total (Tabela 7). Por outro lado, a detecção manual mais uma vez se sobressaiu, detectando um alto número de vocalizações (526).

Tabela 7. Gravações in situ: dados emitidos pela detecção automática do Raven Pro 1.5, demonstrando sua atuação, perante as gravações realizadas pelo SM3. Os números entre parênteses das colunas “verdadeiros positivos” e “falsos negativos” se referem às vocalizações de L. chrysopygus encontradas durante a detecção manual. Os números entre parênteses na coluna “falsos positivos” são referentes inteiramente às detecções realizadas pelo programa. Legenda: LCp = L. chrysopygus.

SM3	Verdadeiros positivos (ocorrências)	Falsos negativos (ocorrências)	Falsos positivos (detecções)
AR01	16,7% (6)	83,3% (6)	99,9% (1346)
AR02	100% (2)	0 (2)	99,01% (204)
AR03	30,3% (33)	69,7% (33)	99,6% (2803)
AR04	Sem gravação de LCp		100% (3231)
AR05	30,1% (202)	69,9% (202)	93,8% (981)
AR06	7,7% (129)	92,3% (129)	99,4% (1801)
AR07	Sem gravação de LCp		100% (798)
AR08	1% (98)	99% (98)	99,8% (659)
AR09	0 (3)	100% (3)	100% (1247)
AR10	0 (41)	100% (41)	100% (662)
AR11	12,5% (8)	87,5% (8)	99,9% (775)
AR12	0 (4)	100% (4)	100% (1865)
Total	16,5% (526)	83,5% (526)	99,4% (16372)

Como ocorrido nos testes de cativoiro (item 4.3), o número de falsos positivos gerados pelo programa é enorme (Tabela 7), superando, em todos os gravadores, 90% das detecções.

Uma pequena porção das detecções geradas pelo *Raven Pro 1.5* (0,2%) são sons referentes à geofonia. Esta foi causada em decorrência da chuva, que se alastrou durante aproximadamente 43 das 985 horas em que os gravadores estavam agindo. Contudo, as geofonias geralmente têm seu sinal acústico caracterizado por algumas manchas constantes ou “riscos” secos e abruptos, sem prolongamento, o que torna difícil sua detecção (Figura 21). O gravador *AR03* foi aquele com mais detecções geofônicas (Tabela 6), sendo que estas foram causadas pelo barulho de galhos que acabaram por se quebrar, devido justamente à chuva, fazendo com que a detecção não seja da chuva em si. Além disso, não houve nenhuma detecção de antropofonia. A maior parte desta é representada por vozes de seres humanos ou passos em meio à folhagem, fatos que não existiram durante as gravações. As antropofonias captadas pelos *SM3* se restringem a sons decorrentes de carros passando na estrada, longe da mata, e de aviões sobrevoando o local. Como ambos são de frequência baixa (Figura 21), não houve confusão por parte do programa.

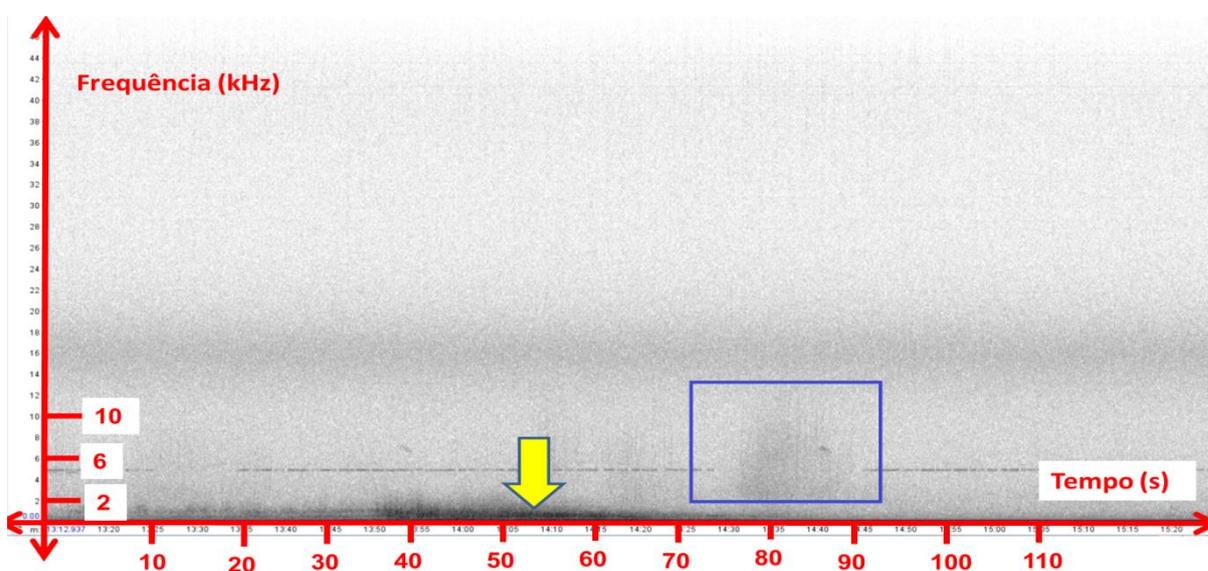


Figura 21. Principais geofonias e antropofonias: captadas pelo SM3 durante os testes de campo. Apontado pela seta amarela está um avião que sobrevoava o local, cujas turbinas emitem um som muito baixo. Já enquadrado em azul está um clássico modelo de geofonia, resultante do som de ventania, caracterizado por uma mancha repleta de curtos e finos “riscos”.

Por outro lado, dentre todas as detecções geradas pelo *Raven Pro 1.5*, a esmagadora maioria (99,7%) é representada por sons provenientes de animais. Neste grupo estão inclusos os chamados de insetos, anuros, mamíferos (não apenas *L. chrysopygus*), mas, sobretudo, aves (item 8.2, Figura B). Segundo os dados apontados na Tabela 7, não existe um número padrão para a quantidade de

registros por gravador. Isso ocorre devido à dependência da presença de algum emissor dentro do raio de abrangência do aparelho. Nas gravações do *AR04*, por exemplo, houve um maior número de registros, justamente por haver uma maior abundância de cantos quando comparado ao *AR08*. Nota-se que o *AR02* apresentou problemas técnicos, sendo que apenas um cartão de memória conseguiu armazenar os dados.

Na análise dos dados, a detecção manual foi utilizada como forma de “prova real” da ocorrência das vocalizações de *L. chrysopygus* nos arquivos. Essa detecção durou cerca de 80 horas. Já a detecção automática realizada pelo *Raven Pro 1.5* levou aproximadamente a metade do tempo, 40 horas.

Tendo em vista essa diferença de esforço, o tempo necessário para haver uma detecção de *L. chrysopygus* é diferente para cada uma delas (Tabela 8).

O esforço amostral necessário para que um *SM3* registre sua primeira vocalização de *L. chrysopygus*, com base nos resultados da detecção manual, é de 4 ($\pm 3,8$) dias (Tabela 8, Figura 22). Os gravadores *AR04* e *AR07* foram retirados do cálculo da média, por não terem registrado vocalizações da espécie-alvo durante os 10 dias.

Tabela 8. Tempo de registro das vocalizações: tempo necessário, em dias, para que cada gravador registrasse a primeira vocalização de L. chrysopygus, resultantes das análises manual (SM3) e automática (Raven Pro 1.5). Nota-se que não houve gravação da vocalização pelos aparelhos AR04 e AR07. Os valores representados por zero indicam que os gravadores registraram as vocalizações logo nas primeiras 24 horas de instalação. Legendas: LCp = L. chrysopygus; SD = sem detecção.

SM3	Tempo para detecção manual (dias)	Tempo para detecção automática (dias)
AR01	9	9
AR02	1	1
AR03	2	2
AR04	Sem gravação de LCp	
AR05	0	0
AR06	0	3
AR07	Sem gravação de LCp	
AR08	0	6
AR09	10	SD
AR10	3	SD
AR11	8	8
AR12	7	SD
Média	4 (± 3,8)	4,1 (± 3,5)

Os gravadores (Tabela 8) cujo tempo de detecção está representado por 0 na detecção manual (AR05, AR06 e AR08) registraram vocalizações da espécie-alvo logo nas primeiras 24 horas de instalação.

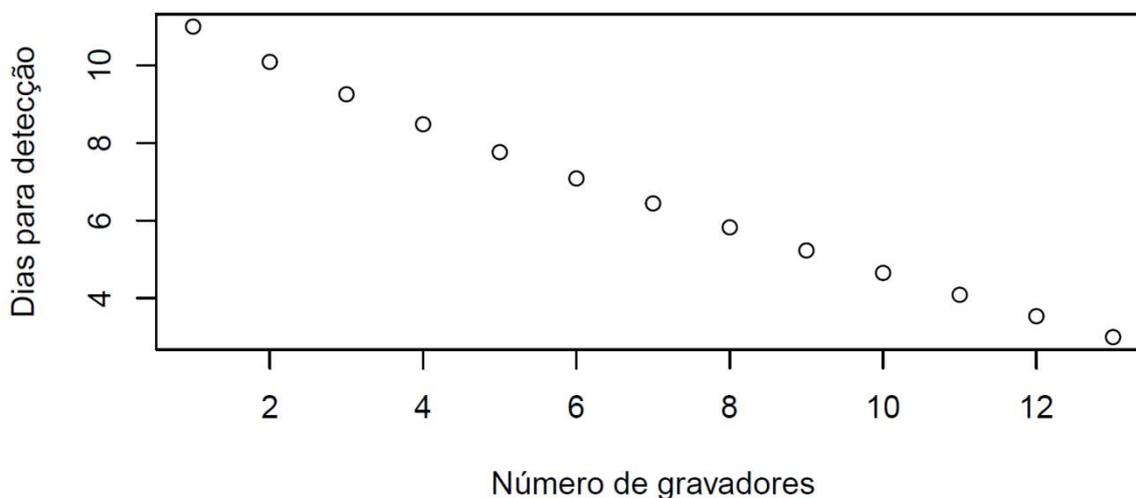


Figura 22. Curva do esforço amostral: relacionando o número de gravadores com os dias necessários para a gravação da primeira vocalização de *L. chrysopygus*, com base na detecção manual. Quanto mais gravadores dispostos em campo, menor o tempo necessário para a gravação da primeira vocalização.

5. DISCUSSÃO

Neste trabalho, conseguimos descrever a vocalização de *L. chrysopygus*, sendo possível diferenciá-la das demais espécies. Tendo isso em mente, foi possível observar o desempenho das duas novas tecnologias: gravadores autônomos *SM3* e do programa *Raven Pro 1.5*, quanto ao registro e detecção dessas espécies *in situ*, principalmente. Por fim, nosso estudo mostrou que o uso dessa nova tecnologia permite confirmar a presença da espécie em um local com um esforço amostral reduzido, ressaltando as vantagens desse método com relação aos tradicionais.

Como já observado em alguns estudos (SNOWDON *et al.*, 1986; RUIZ-MIRANDA *et al.*, 2002), os *long calls* das espécies do gênero *Leontopithecus* são muito similares entre si. Apesar de muito parecidas e ser muito complicada sua diferenciação por ouvido, ao serem analisados os espectrogramas das vocalizações, podem-se notar diferenças marcantes entre elas.

Segundo os resultados obtidos neste estudo, *L. chrysopygus* apresenta o *long call* mais longo, além de ser a espécie que vocaliza a uma maior frequência. Uma característica marcante observada através dos espectrogramas é o fato de que as notas emitidas por *L. chrysopygus* terminam em uma frequência abaixo da qual se iniciaram. Os *L. chrysomelas*, por sua vez, têm a vocalização mais rápida dentre as espécies analisadas. Suas notas apresentam um formato padrão de curva que permanece constante até o fim, mudando apenas sua duração e também terminando em uma frequência mais baixa que seu início. Já os *L. rosalia* são os que emitem vocalizações a frequências mais baixas. Diferente de como ocorre em *L.*

chrysopygus e *L. chrysomelas*, aqui, as notas começam e terminam na mesma frequência, com pequenas oscilações (exceto as duas últimas notas da vocalização).

Embora tais afirmações condigam com aquelas observadas por Snowdon *et al.* (1986) diferenciar as vocalizações das espécies através do número de notas não é confiável. Mesmo com o número médio diferente entre elas, o desvio padrão é alto. Foi observado neste estudo que a quantidade de notas é uma variável que depende muito de fatores externos como, por exemplo, a presença do tratador, um rapinante sobrevoando o local ou até mesmo uma resposta imediata ao *playback* e a motivação dos indivíduos. Conforme a situação, todos os *Leontopithecus* emitem um número diferente de notas, podendo ser igual interespecificamente ou até mesmo diverso entre indivíduos da mesma espécie. Sendo assim, o melhor parâmetro aqui sugerido para a diferenciação do *long call* das espécies é a frequência máxima atingida.

Ao se analisar os espectrogramas referentes aos *long calls*, é notável a diferença entre *L. chrysomelas* e os demais, porém, o padrão da imagem é muito parecido entre *L. chrysopygus* e *L. rosalia*. Isso pode ter relação com o fato de essas duas espécies serem muito próximas filogeneticamente, ao passo que *L. chrysomelas* foi a primeira espécie a se separar geograficamente do ancestral e apenas posteriormente foram formadas as outras espécies (PEREZ-SWEENEY *et al.*, 2008) e, por isso, seus chamados não são tão diferenciados entre si.

Durante os testes em cativeiro, os SM3 foram muito eficientes quanto à gravação das vocalizações de *L. chrysopygus*. Mesmo em distâncias nas quais o ouvido humano já não era capaz de escutar os sinais acústicos, o gravador ainda conseguiu registrar esses sinais de forma a aparecerem legíveis em um espectrograma. A distância ideal de gravação entre o aparelho e o emissor, 150 metros, é um excelente raio de atuação.

A boa eficiência por parte desses aparelhos em trabalhos de campo já foi confirmada em alguns estudos, para diversos assuntos (ROWSE *et al.*, 2016; COLBOURNE *et al.*, 2016), embora as distâncias nas quais foram dispostos tenham sido menores que aquelas que utilizamos neste estudo. Agora, para confirmar a presença de *L. chrysopygus*, o SM3 também se mostrou eficaz. Embora o ambiente seja diferente daquele durante os testes em cativeiro, nos testes em campo, os SM3 apresentaram uma taxa muito boa de registros das vocalizações da espécie-alvo, desde as mais próximas até as mais distantes do gravador.

Todavia, embora nos permita a confirmação de presença da espécie, o uso de gravadores autônomos não possibilita a elaboração de censos propriamente ditos. Para esses fins, *playback* e transecto linear são os métodos recomendados. Gestich *et al.* (2017) estimou a densidade de sauás (*Callicebus nigrifrons*) em alguns fragmentos de Mata Atlântica em São Paulo através do uso de *playbacks*, enquanto que Buckland *et al.* (2010) analisou a importância da aplicação de transectos lineares para a estimação de densidades, caso exista um número considerável de

avistamentos. Por outro lado, os gravadores são muito úteis para outros estudos com mamíferos, como por exemplo, em ecologia de movimento e migração (RISCH *et al.*, 2014) e uso do território (KALAN *et al.*, 2016).

Neste estudo, com os 12 gravadores utilizados, pôde-se notar uma maior taxa de atividade vocal dos indivíduos do grupo de *L. chrysopygus* na região inferior da área de vida, desde a parte central até o sudoeste da mesma. Tal região é mais fechada em relação às demais áreas. Na parte superior direita da área de vida houve uma boa quantidade de vocalizações registradas, próximas às bordas da área de vida, onde também é uma região densa. Essas áreas, visto a recorrência de *long calls*, são mais defendidas pelos indivíduos e provavelmente possuem recursos importantes. Por outro lado, na faixa que interliga esses dois locais de mais registros vocais, houve poucos registros. Além disso, nas bordas que delimitam a área à direita não houve nenhum sinal da ocorrência de *L. chrysopygus*. Esta é uma área próxima à estrada e que possui uma vegetação mais alterada, não tendo muitos recursos. Também, como não existe área de mata em contato com essa região, não existe a possibilidade de haver outro grupo por ali, o que diminui a necessidade dessa área ser defendida.

Em contrapartida, o *Raven Pro 1.5* teve um desempenho mediano durante os testes em cativeiro. Foram detectadas nesta etapa do estudo apenas 44,5% das vocalizações de *L. chrysopygus*. Nas primeiras distâncias, até 100 metros, o número de verdadeiros positivos gerados pela detecção automática do programa foi expressivo, sempre superando a porcentagem de falsos negativos. Contudo, desse ponto em diante, praticamente é inexistente o número de detecções corretas, invertendo-se a situação. Portanto, quanto mais longe o gravador do emissor, menos detecções são feitas pelo *Raven Pro 1.5*, ou seja, pior é seu desempenho. Sendo assim, se dependesse da detecção automática, a distância ideal máxima para a instalação dos *SM3* seria, no mínimo, 100 metros, e não os 150 metros como foi selecionado baseado na detecção manual.

Os mesmos problemas se repetiram durante as análises dos testes de campo. A detecção manual foi responsável pela detecção de um número muito maior de vocalizações em comparação com a detecção automática. O *Raven Pro 1.5*, aqui, foi responsável pela detecção de apenas 16,5% das ocorrências. Mesmo não existindo um teste de distância para a etapa *in situ*, através da detecção manual foi possível observar que as vocalizações mais distantes do gravador, que apareciam mais apagadas no espectrograma, nunca eram detectadas pelo programa. Vale ressaltar que estas “vocalizações distantes” eram as mais abundantes em todo o teste, o que pode ser explicado pelo fato de que os gravadores foram acoplados às árvores na altura do peito, em torno de 1,70 metros, e não na altura onde os *L. chrysopygus* costumam estar. Visto que as árvores da região, em média, possuem 8 metros de altura (PARANHOS, 2006), instalar os gravadores entre 40 e 50% desse total poderia melhorar a metodologia proposta.

O que pode explicar a não detecção das vocalizações longínquas é justamente o fato de elas aparecerem no espectrograma de maneira apagada. A delimitação das notas nesses eventos é quase inexistente, o que faz com que o programa não reconheça aquilo como sendo uma amostra a se detectar, se comportando como uma única e grande nota. Mesmo assim, nos testes dos parâmetros, o *Raven Pro 1.5* também não foi eficiente em detectar a vocalização como um todo. Até mesmo os sinais acústicos que geravam os falsos positivos mais abundantes (de Psittacidae, por exemplo) não eram detectados quando estavam a baixas amplitudes e se tornavam “falsos negativos”.

Para evitar que as vocalizações de *L. chrysopygus* sejam falsos negativos, o correto é programar o detector automático para detectar as notas dos harmônicos mais altos, presentes nas faixas entre 15 e 20 kHz. Além disso, essa configuração diminuiria o número de falsos positivos, uma vez que poucos animais utilizam essa faixa de frequência. Contudo, isso só seria possível a curtas distâncias entre o emissor e o gravador, o que pode funcionar caso o número de gravadores disponíveis seja alto o suficiente a ponto de diminuir a distância entre eles ao se amostrar uma área.

Tanto nos testes em cativeiro quanto nos testes de campo, a detecção automática do *Raven Pro 1.5* gerou uma enorme quantidade de falsos positivos, representados principalmente por aves. Em outros estudos com mamíferos, Cetacea e Canidae (MORANO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2015), no caso, o programa também apresentou esse problema.

A baixa eficiência do *Raven Pro 1.5* já era esperada. Rocha *et al.* (2015) utilizou o programa para a detecção de aulidos de lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) *in situ*. Apenas 32% das ocorrências foram detectadas, o que é um baixo número. O mesmo autor sugeriu que o melhor método de detecção é através do programa *XBAT* (*Extensible Bioacoustic Tool*). Outro programa que mostrou ser eficiente em alguns estudos com anfíbios e aves (HILJE *et al.*, 2012; DEICHMANN *et al.*, 2017) é o *ARBIMON* (*Automated Remote Biodiversity Monitoring Network*). Esses dois programas têm como diferencial a detecção por imagem, e não pelas frequências, como ocorre com o *Raven Pro 1.5*. Os parâmetros são selecionados através de *templates* formados com a seleção do sinal acústico desejado. A partir desses, a detecção automática irá atuar nos arquivos. Isso evita falsos positivos e otimiza os verdadeiros positivos. Para vocalizações de *L. chrysopygus*, podem ser boas alternativas, uma vez que seus padrões apresentam aspectos únicos.

O esforço amostral, com base neste estudo, foi de 10 dias, tendo 12 gravadores disponíveis. Com esses 12 gravadores, os resultados mostram que 4 dias são necessários para registrarmos a presença de *L. chrysopygus* em Santa Maria. Baseando-se nas análises resultantes da detecção manual, quanto maior o número de gravadores instalados, maior as chances de detecção em menos tempo,

ou seja, menos dias se fazem necessários para a primeira detecção, o que diminui o esforço amostral.

Mesmo exigindo um esforço muito grande em campo durante o período de instalação (cada aparelho possui em torno de 5 kg de massa), isso tudo ocorre durante apenas um dia ou dois dias. Diferente do esforço exigido por transecto linear ou mesmo *playback*, nos quais os pesquisadores passam dias em campo, andando, os gravadores realizam todo o “trabalho braçal” e registram todos os sinais acústicos do ambiente, dentro do raio de 150 metros. Paranhos (2006) realizou uma estimativa populacional de *L. chrysopygus* no Parque Estadual do Morro do Diabo através de transecto linear. O estudo demandou um enorme esforço amostral (1305 km percorridos) para poucos avistamentos (19) durante um ano. Apesar de não sermos capazes de estimar uma densidade populacional com apenas as vocalizações, a curva referente ao esforço amostral necessário para nosso estudo mostra que com apenas dois gravadores dispostos em uma área equivalente, em 10 dias poderíamos registrar a presença da espécie, sendo que, nesses 10 dias, os doze gravadores registram um total de 526 vocalizações. Tal fato é um diferencial, uma vez que muitos falsos negativos ocorrem durante a aplicação de *playback* ou transecto linear.

Colocando lado a lado o esforço necessário para as análises dos dados resultantes do teste em campo, uma quantidade de tempo elevada foi utilizada para a realização desta etapa: 80 horas, com a detecção manual, sendo que a detecção automática do *Raven Pro 1.5* levou a metade do tempo. Mas, como já apresentado em estudos anteriores (ROCHA *et al.*, 2015) a eficiência para detectar vocalizações da espécie-alvo é muito maior ao se analisar manualmente os dados. Em nosso estudo, em 80 horas foram detectadas 526 vocalizações manualmente (6,5 por hora) contra 86 (2,1 por hora) detectadas automaticamente. Mesmo não alterando muito a média final do esforço amostral, analisando o desempenho individual dos gravadores nota-se a discrepância entre essas duas análises, onde são gerados muitos falsos negativos pela detecção automática.

Do aspecto financeiro, o *Raven Pro 1.5*, embora tenhamos conseguido gratuitamente, é um programa pago (assim como o *XBAT* e *ARBIMON*, que não obtivemos acesso). Já os *SM3* demandam grande investimento, custando cerca de 1000 dólares cada (fonte: wildlifeacoustics.com). Além disso, funcionam com quatro pilhas do tipo D (cerca de 20 reais cada) e quatro cartões de memória (cerca de 100 reais uma unidade com 64 Gb de memória). Fora isso, ainda existe o gasto com os assistentes de campo que abrem as trilhas. No caso deste estudo, eles nos ajudaram por três dias (dois de instalação e um de retirada), sendo que cada diária é em média 100 reais, além do alojamento, que custa em torno de 50 reais a diária. O valor total gasto para a realização deste estudo (*in situ*) foi cerca de R\$ 20.480,00.

Como mencionado anteriormente, Paranhos (2006) obteve um total de 19 avistamentos nos 1305 km percorridos no ano através da transecção linear. Isso nos permite dizer que para detectar a presença da espécie, seriam necessários 71 km.

Segundo o próprio autor menciona, os transectos eram feitos da 7h às 18h, com pausas de 2 horas, a uma velocidade de 1km/h. Para detectar a presença da espécie, seriam necessários cerca de 8 dias, gastando em torno de R\$ 1200,00. Segundo nosso estudo, com apenas um gravador, são necessários 12 dias para a detecção da presença de *L. chrysopygus*. Ao todo, seriam gastos cerca de R\$ 3680,00, contando pilhas, cartões, o próprio gravador e apenas duas diárias de assistente (um dia de instalação e outro de retirada), para detectarmos a presença da espécie através da metodologia sugerida.

Embora os revezes sejam consideráveis, a eficiência, quantidade de dados, clareza e precisão são melhores em comparação aos resultados que seriam obtidos através dos métodos tradicionais, quando se têm mais gravadores, quando o objetivo é verificar a ocorrência da espécie em várias áreas de estudo.

6. CONCLUSÃO

Apesar de sutis, existem diferenças entre as vocalizações de *Leontopithecus*, principalmente no que diz respeito à frequência máxima alcançada. Ao se analisar o espectrograma, é possível realizar essa distinção.

O *Raven Pro 1.5* não foi eficiente, em um panorama geral, quanto à diferenciação das vocalizações de *L. chrysopygus* com relação a outros Callitrichidae e nem mesmo a outros sinais acústicos provenientes de emissores de taxa diferentes, o que é explicado pelo altíssimo número de falsos positivos e sua ausência de detecções corretas a distâncias maiores entre gravador-emissor. Os *SM3*, por outro lado, puderam registrar muito bem os sinais acústicos da espécie-alvo e mostrou ter um bom raio de atuação, sendo uma ferramenta poderosa.

Mesmo com os problemas, o *Raven Pro 1.5* é uma ferramenta interessante para a visualização de espectrogramas. Utilizá-lo apenas para realizar a detecção manual, ao invés da automática, é um excelente caminho para analisar as gravações provenientes dos *SM3*, uma vez que as vocalizações de *L. chrysopygus* possuem um padrão único e se destacam dos demais animais simpátricos.

A união dessas duas tecnologias permite que o tempo gasto para as análises e o esforço exigido em campo sejam muito menores àqueles que seriam gastos com métodos tradicionais, além de uma maior taxa de verdadeiros positivos e, conseqüentemente, menos falsos negativos em termos de ocorrência. Os métodos descritos neste estudo certamente poderão ser usados futuramente para a detecção da presença de *L. chrysopygus* em áreas até então pouco conhecidas. Assim sendo, ao se confirmar a presença, utiliza-se algum método de maior esforço amostral para a elaboração de estimativas de abundância e densidade (método de *playback* e transecto linear), tendo um papel importante na conservação dessa espécie rara.

7. 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.
- AIDE, T. M., CORRADA-BRAVO, C., CAMPOS-CERQUEIRA, M., MILAN, C., VEJA, G. & ALVAREZ, R. **Real-time bioacoustics monitoring and automated species identification.** *PeerJ*, 1: e103; doi 10.7717/peerj.103, v. 1, p. 103, 2013.
- ALBERNAZ, A. L. K. M. **Home range size and habitat use in the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*).** *Int. J. Primatol.*, v. 18, p. 877–887, 1997.
- AMORIM, T. O. S. **Estudo bioacústico do formigueiro-assobiador (*Myrmeciza loricata* (Liechtenstein, 1823); Aves; Thamnophilidae) na Reserva Biológica Municipal Poço d’Anta, Juiz de Fora, Minas Gerais.** Tese de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora, UFFJ, Minas Gerais, Brasil, p. 80, 2012.
- ARCADI, A.C., ROBERT, D. & BOESCH, C. **Buttress drumming by wild chimpanzees: temporal patterning, phrase integration into loud calls, and preliminary evidence for individual distinctiveness.** *Primates*, v. 39, p. 505–518, 1998.
- BAPTISTA, L. F. & GOMEZ, J. E. M. **La investigación de las aves del Archipiélago de Revillagigedo: um reporte de avance.** *Huitzil*, v. 3, p. 33-41, 2002.
- BEZERRA, B. M. & SOUTO, A. **Structure and usage of the vocal repertoire of *Callithrix jacchus*.** *Int. J. Primatol.*, v. 29, p. 671-701, 2008.
- BLUMSTEIN, D. T., MENNILL, D. J., CLEMINS, P., GIROD, L., YAO, K., PATRICELLI, G., DEPPE, J. L., KRAKAUER, A. H., CLARK, C., CORTOPASSI, K. A., HANSER, S. F., MCCOWAN, B., ALI, A. M. & KIRSCHER, A. N. G. **Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus.** *Journal of Applied Ecology*, v. 48, p. 758–767, 2011.
- BUCKLAND, S. T., PLUMPTRE, A. J., THOMAS, L. & REXSTAD, E. A. **Design and analysis of line transect surveys for primates.** *International Journal of Primatology*, v. 31, p. 833-847, 2010.
- CARVALHO, C. T. & CARVALHO, C. F. **A organização social dos sauí-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*) na reserva em Teodoro Sampaio, São Paulo (Primates, Callitrichidae).** *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 6, p. 707–717, 1989.
- CASAR, C. & ZUBERBUHLER, K. **Referential alarm calling behaviour in New World primates.** *Curr. Zool.*, v. 58, p. 680–697, 2012.

CHAPMAN, C. A. & LEFEBVRE, L. **Manipulating foraging group size: spider monkey food calls at fruiting trees.** *Animal Behaviour*, v. 39, p. 891–896, 1990.

CLEVELAND, J. & SNOWDON, C. T. **The complex vocal repertoire of the adult cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*).** *Zeitschrift Für Tierpsychologie, Journal of Comparative Ethology*, v. 58, p. 231–270, 1982.

COIMBRA-FILHO, A. F. **Acerca da redescoberta de *Leontideus chrysopygus* (Mikan, 1823) e apontamentos sobre sua ecologia.** *Rev. Brasil. Biol.*, v. 30, p. 609–615, 1970.

COLBOURNE, R. & DIGBY, A. **Call rate behaviour of brown kiwi (*Apteryx mantelli*) and great spotted kiwi (*A. haastii*) in relation to temporal and environmental parameters.** Tese de Doutorado. Department of Conservation, Wellington, Nova Zelândia, p. 348, 2016.

CULOT, L. M. V., GRIESE, J., KNOGGE, C., TONINI, M., SANTOS, M. M., ESTEVAM, C. G., LOPES, B. P., CUNHA, B. M., SILVA, A. B., PRADO, B. H. S., GARCIA, F. O., FONSECA, R. C. B. & CARVALHO, M. P. **New records, reconfirmed sites and proposals for the conservation of black lion-tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) in the middle and upper Paranapanema.** *Neotropical Primates*, p. 22, 2015.

DEICHMANN, J. L., SERNA, A. H., DELGADO, A., CAMPOS-CERQUEIRA, M & AIDE, T. M. **Soundscape analysis and acoustic monitoring document impacts of natural gas exploration on biodiversity in a tropical forest.** *Ecol. Ind.* doi.org/10.1016/j.ecolind.2016, v. 74, p. 39-48, 2017.

GATES, C. E., MARSHALL, W. H. & OLSON, D. P. **Line transect method of estimating grouse population densities.** *Biometrics*, v. 24, p. 135-145. 1968.

GESTICH, C. C., CASELLI, C. B., NAGY-REIS, M. B., SETZ, E. Z. F. & CUNHA, R. G. T. **Estimating primate population densities: the systematic use of playbacks along transects in population surveys.** *Am J Primatol.* e22586. doi:10.1002/ajp.22586, p. 79, 2017.

HALLIDAY, D. & RESNICK, R. **Fundamentals of physics.** New York: Wiley, 1981.

HEINICKE, S., KALAN, A. K., WAGNER, O. J. J., MUNDRY, R., LUKASHEVICH, H. & KUHL, H. S. **Assessing the performance of a semi-automated acoustic monitoring system for primates.** *Methods in Ecology and Evolution*, v. 6, p. 753–763, 2015.

HILJE, B. & AIDE, T. M. **Recovery of amphibian species richness and composition in a chronosequence of secondary forests, northeastern Costa Rica.** *Biol. Conserv.*, v. 146, p. 170–176, 2012.

Instituto de Pesquisas Ecológicas, Conservação do Mico-leão-preto, disponível em <<http://www.ipe.org.br/projetos-pontal/conservacao-do-mico-leao-preto>>. Acesso em 30 de março de 2016.

Instituto Estadual do Ambiente, Centro de Primatologia do Rio de Janeiro, disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/BIODIVERSIDADEEAREASPROTEGIDAS/CentrodePriCentrodeP/index.htm&lang=PT-BR#ad-image-0>>. Acesso em 30 de março de 2016.

JOHNSON, R. R., BROWN, B. T., HAIGHT, L. T. & SIMPSON, J. M. **Playback recording as a special avian censuring technique**. *Studies in Avian Biology*, v. 6, p. 68-75, 1981.

KALAN, A. K., PIEL, A. K., MUNDRY, R., WITTIG, R. M., BOESCH, C. & KÜHL, H.S. **Passive acoustic monitoring reveals group ranging and territory use: a case study of wild chimpanzees (*Pan troglodytes*)**. *Front Zool.*, p. 13-34, 2016.

KIERLUFF, M. C. M., RYLANDS, A. B., MENDES, S. L. & OLIVEIRA, M.M. ***Leontopithecus chrysopygus***. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T11505A3290864. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T11505A3290864.en>. Acesso em 29 de março de 2016.

LOBÃO-CRUZ, E. **Estrutura e uso do repertório vocal de *Leontopithecus chrysomelas* em cativeiro**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Pernambuco, Brasil, p. 66, 2009.

LUTHER, D. **The influence of the acoustic community on songs of birds in a neotropical rain forest**. *Behavioral Ecology*, v. 20, p. 864–871, 2009.

MACEDONIA, J. M. & EVANS, C. S. **Variations among mammalian alarm call systems and the problem of meaning in animal signals**. *Ethology*, v. 93, p. 177–197, 1993.

MARQUES, A. B. **Abordagens sobre a bioacústica na ornitologia, Parte I – Conceitos básicos**. *Atualidades ornitológicas*, disponível em <<http://www.ao.com.br>>. Acesso em 25 de outubro de 2016.

MARQUES, T. A., THOMAS, L., MARTIN, S. W., MELLINGER, D. K., WARD, J. A., MORETTI, D. J., HARRIS, D. & TYACK, P. L. **Estimating animal population density using passive acoustics**. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 88, p. 287-309, 2012.

MARSHALL, A. R., LOVETT, J. C. & WHITE, P. C. L. **Selection of line transect methods for estimating the density of group-living animals: lessons from the primates**. *American Journal of Primatology*, v. 70, p. 452-462, 2008.

MELLINGER, D. K., STAFFORD, K. M., MOORE, S. E., DZIAK, R. P. & MATSUMOTO, H. **An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans**. *Oceanography*, v. 20, p. 36–45, 2007.

MENDES, S. L., VIELLIARD, J. & DE MARCO, P. **The vocal identity of the *Callithrix* species**. *The Smallest Anthropoids: The Marmoset/Callimico Radiation Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Berlin: Springer, p. 63–84, 2009.

MENNILL, D.J., BATTISTON, M., WILSON, D.R., FOOTE, J.R., & DOUCET, S.M. **Field test of an affordable, portable, wireless microphone array for spatial monitoring of animal ecology and behaviour**. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 3, p. 704–712, 2012.

MORANO, J. L., SALISBURY, D. P., RICE, A. N., CONKLIN, K. L., FALK, K. L. & CLARK, C. W. **Seasonal and geographical patterns of fin whale song in the western North Atlantic Ocean**. *J Acoust. Soc. Am.* doi:10.1121/1.4730890, v. 132, p. 1207–1212, 2012.

PARANHOS, K. M. **Estimativas populacionais para espécies raras: mico-leão-preto *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan, 1823) como modelo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Paraná, Brasil, p. 62, 2006.

PASSOS, F. C. & ALHO, C. J. R. **Importância de diferentes microhabitats no comportamento de forrageio por presas do mico-leão-preto, *Leontopithecus chrysopygus*, (Mikan) (Mammalia, Callitrichidae)**. *Rev. Brasi. Zool.*, v. 18, p. 335–342, 2001.

PERES, C. A. **General guidelines for standardizing line transect surveys of tropical forest primates**. *Neotropical Primates*, v. 7, p. 11–16, 1999.

PEREZ-SWEENEY, B. M., VALLADARES-PÁDUA, C., MARTINS, C. S., MORALES, J. C. & MELNICK, D. J. **Examination of the taxonomy and diversification of *Leontopithecus* using the mitochondrial control region**. *Int. J. Primatol.*, v. 29, p. 245–263, 2008.

PIJANOWSKI, B. C., VILLANUEVA-RIVERA, L. J., DUMYAHN, S. L., FARINA, A., KRAUSE, B., NAPOLETANO, B. M., GAGE, S. H. & PIERETTI, N. **Soundscape ecology: the science of sound in the landscape**. *BioScience*, v. 61, p. 203–216, 2011.

Prefeitura de São Carlos, Parque Ecológico de São Carlos, disponível em <http://www.saocarlosocial.com.br/empresaservices/?e=Parque+Ecologico+de+Sao+Carlos+Dr.+Antonio+Teixeira+Vianna_AEXID5MTAG>. Acesso em 30 de março de 2016.

Raven – Interactive Sound Analysis Software, disponível em <<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/RavenOverview.html>>. Acesso em 17 de outubro de 2016.

RISCH, D., CASTELLOTE, M., CLARK, C. W., DAVIS, G. E., DUGAN, P. J., HODGE, L. E. W., KUMAR, A., LUCKE, K., MELLINGER, D. K., NIEUKIRK, S. L., POPESCU, C. M., RAMP, C., READ, A. J., RICE, A. N., SILVA, M. A., SIEBERT, U., STAFFORD, K. M., VERDAAT, H. & PARIJS, S.M. **Seasonal migrations of North Atlantic minke whales: novel insights from large-scale passive acoustic monitoring networks**. *Movement Ecology*, p. 24, 2014.

ROCHA, L. H. S., FERREIRA, L. S., PAULA, B. C., RODRIGUES, F. H. G. & SOUSA-LIMA, R. S. **An evaluation of manual and automated methods for detecting sounds of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus* Illiger 1815)**. *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, DOI: 10.1080/09524622.2015.1019361, v. 24, p. 185-198, 2015.

RODRIGUES, S. B. M., GAGETTI, B. L. & PIRATELLI, A. J. **First record of *Leontopithecus chrysopygus* (Primates: Callitrichidae) in Carlos Botelho State Park, São Miguel Arcanjo, São Paulo, Brazil**. *Mammalia*, v. 80, p. 121–124, 2014.

ROWSE, E. G., HARRIS, S. & JONES, G. **The switch from low-pressure sodium to light emitting diodes does not affect bat activity at street lights**. *PLoS ONE*: e0150884 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0150884>, v. 11, 2016.

RUIZ-MIRANDA, C. R. & KLEIMAN, D. G. **Conspicuousness and complexity: themes in lion tamarin communication**. *Lion Tamarins Biology and Conservation*. Washington and London: Smithsonian Institute Press, 2002.

RYAN, M. J. & KIME, N. M. **Selection on long-distance acoustic signals**. *Acoustic Communication*. New York: Springer; p. 225-274, 2003.

SEYFARTH, R. M. **Vocal communication and its relation to language**. *Primate Societies*. University of Chicago Press, p. 440-451, 1987.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

SNOWDON, C. T. **Comunicação**. *Comportamento Animal*, p. 115-140, 2006.

SNOWDON, C. T., HODUN, A., ROSENBERGER, A. L. & COIMBRA-FILHO, A. F. **Long call structure and its relation to taxonomy in lion-tamarins**. *American Journal Of Primatology*, v. 11, p. 253-261, 1986.

VIELLIARD, J. M. E. & SILVA, M. L. **A bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento Animal**. In: Assis, G.; Brito, R. & Martin, W. L. (eds.). *Estudo do Comportamento II*. Belém: Editora da UFPA, p. 141-156, 2006.

VIELLIARD, J. M. E. & SILVA, M. L. **Bioacústica - bases teóricas e regras práticas de uso em ornitologia**. In: von Matter S, Straube F, Accordi I, Piacentini V, Cândido Jr. JF (Orgs) Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento. Technical books, Rio de Janeiro, p. 1-12, 2008.

Wildlife Acoustics, Song Meter SM3 Overview, disponível em <<https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-sm3>>. Acesso em 30 de março de 2016.

Zoom H4nex overview, disponível em <<https://www.zoom-na.com/products/field-video-recording/field-recording/zoom-h4n-handy-recorder>>. Acesso em 15 de junho de 2016.

ZWART, M. C., BAKER, A., MCGOWAN, P. J. K. & WHITTINGHAM, M. J. **The use of automated bioacoustic recorders to replace human wildlife surveys: an example using nightjars**. PLoS ONE: e102770. doi:10.1371/journal.pone.0102770, v. 9, p. 7, 2014.

8. ANEXO

8.1. Bioacústica

A bioacústica, no geral, pode ser definida como a área de estudo dos diferentes sons emitidos pelos animais, analisando seus mecanismos e forças que os originam, tal como suas maneiras de propagação e recepção (BAPTISTA *et al.*, 2002). O sinal acústico, por sua vez, tem como propriedades principais: a frequência, expressa em Hertz (Hz), a qual depende inversamente do comprimento da onda; a intensidade, que é dependente de sua amplitude, sendo medida em decibéis (dB); e sua duração, que equivale à quantidade de tempo que leva este som, a partir de sua emissão até seu fim, medido usualmente em segundos (s) (AMORIM, 2012). Quanto mais alto em volume e mais forte é um som, significa que o mesmo possui uma elevada amplitude e, conseqüentemente, uma maior intensidade. Sons de alta frequência são aqueles de comprimento de onda curto, sendo agudos. O contrário é válido para sons de baixa frequência, caracterizados por serem graves e com alto comprimento de onda (MARQUES, 2008).

A análise dos sinais acústicos é feita principalmente através de sonogramas (oscilogramas e espectrogramas), os quais verificam os resultados através de suas variáveis de tempo, frequência e amplitude. Cada nota, que é o elemento mínimo de um som, é destacada no gráfico por um contraste de preto e cinza, dependendo de sua intensidade. Limitada pela frequência em decorrência do tempo de duração, a nota aparece mais evidente (mais preta) quanto mais intensa for, ganhando muito destaque. Por essa análise feita através de três variáveis, se diz que o eixo é caracterizado por três planos: tempo x frequência x amplitude (VIELLIARD *et al.*, 2006).

É comum durante a análise em espectrograma o aparecimento de notas exatamente iguais em forma e duração, mas que variam em frequência e amplitude. O conjunto dessas notas é chamado de campo harmônico, onde cada uma delas corresponde a um harmônico, sendo as notas com menor intensidade e maior frequência chamadas de ressonantes. Elas são originadas a partir da nota fundamental, que geralmente é o primeiro harmônico (notas mais baixas), embora possa não ser (HALLIDAY *et al.*, 2012). Por ser o mais baixo e o mais intenso, o primeiro harmônico é geralmente o mais usado em estudos referentes a repertório acústico (CLEVELAND *et al.*, 1982; BEZERRA *et al.*, 2008; LOBÃO-CRUZ, 2009), devido ainda pelo fato de as notas ressonantes nem sempre estarem visíveis.

Além do estudo de repertório e identidade de espécies, a bioacústica abriu portas para o aprimoramento do estudo e entendimento do comportamento dos animais e outras linhas de pesquisa como no campo da filogenia e ecologia (VIELLIARD *et al.*, 2008). Estudos desse tipo podem ser alternativos para a busca da conservação de espécies ameaçadas. Dentre os sinais comunicativos, os sinais acústicos têm sido os mais estudados, provavelmente por conta da grande importância da fala para a comunicação humana. Os sinais acústicos são

produzidos de diferentes maneiras. Na maioria dos animais, o som é produzido por um órgão ou estrutura especializada. Os mamíferos em geral produzem o som através da laringe, que é um órgão localizado na garganta e pode ser estendida ou encurtada, gerando diferentes tonalidades de sons. Fatores ambientais afetam a propagação do som, e, uma vez produzido, suas vibrações difundem-se do emissor por meio de ondas sucessivas (SNOWDON, 2006). Os primatas das florestas neotropicais, onde a visibilidade é limitada, são muito dependentes de comunicação vocal (SEYFARTH, 1987), incluindo *L. chrysopygus*.

8.2. Falsos positivos

Diversos sinais acústicos compuseram a porcentagem de falsos positivos gerados pelo *Raven Pro 1.5* durante as detecções tanto nos testes em cativeiro, quanto em campo. As Figuras A e B representam os falsos positivos mais comuns dentre os arquivos analisados.

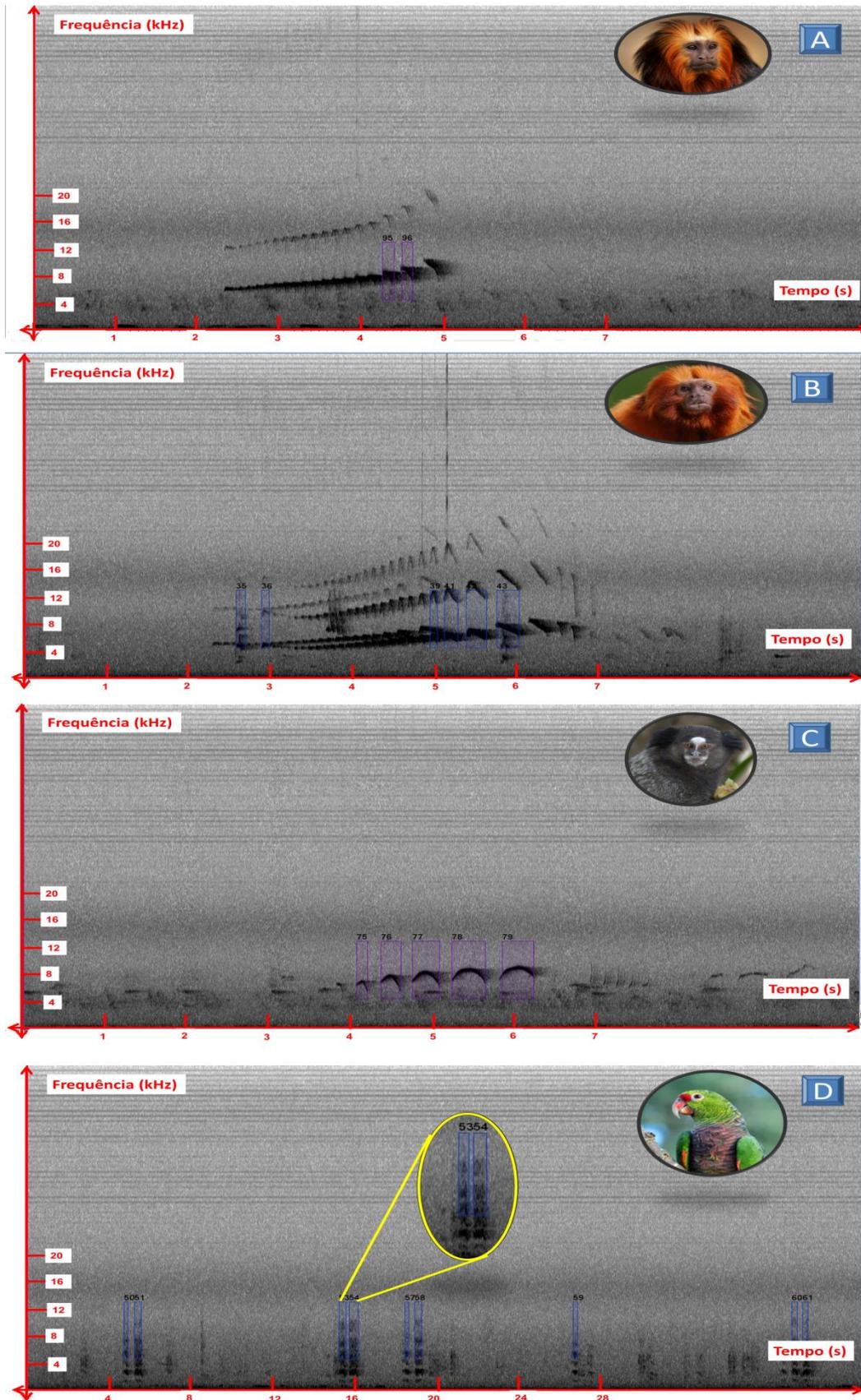


Figura A. Principais falsos positivos em cativo: espectrogramas referentes aos principais sinais acústicos que ocasionaram a geração de falsos positivos pelo Raven Pro 1.5 durante os testes em cativo. a) *L. chrysomelas*; b) *L. rosalia*; c) *C. penicillata*; d) *papagaio-de-peito-roxo* (*Amazona vinacea*).

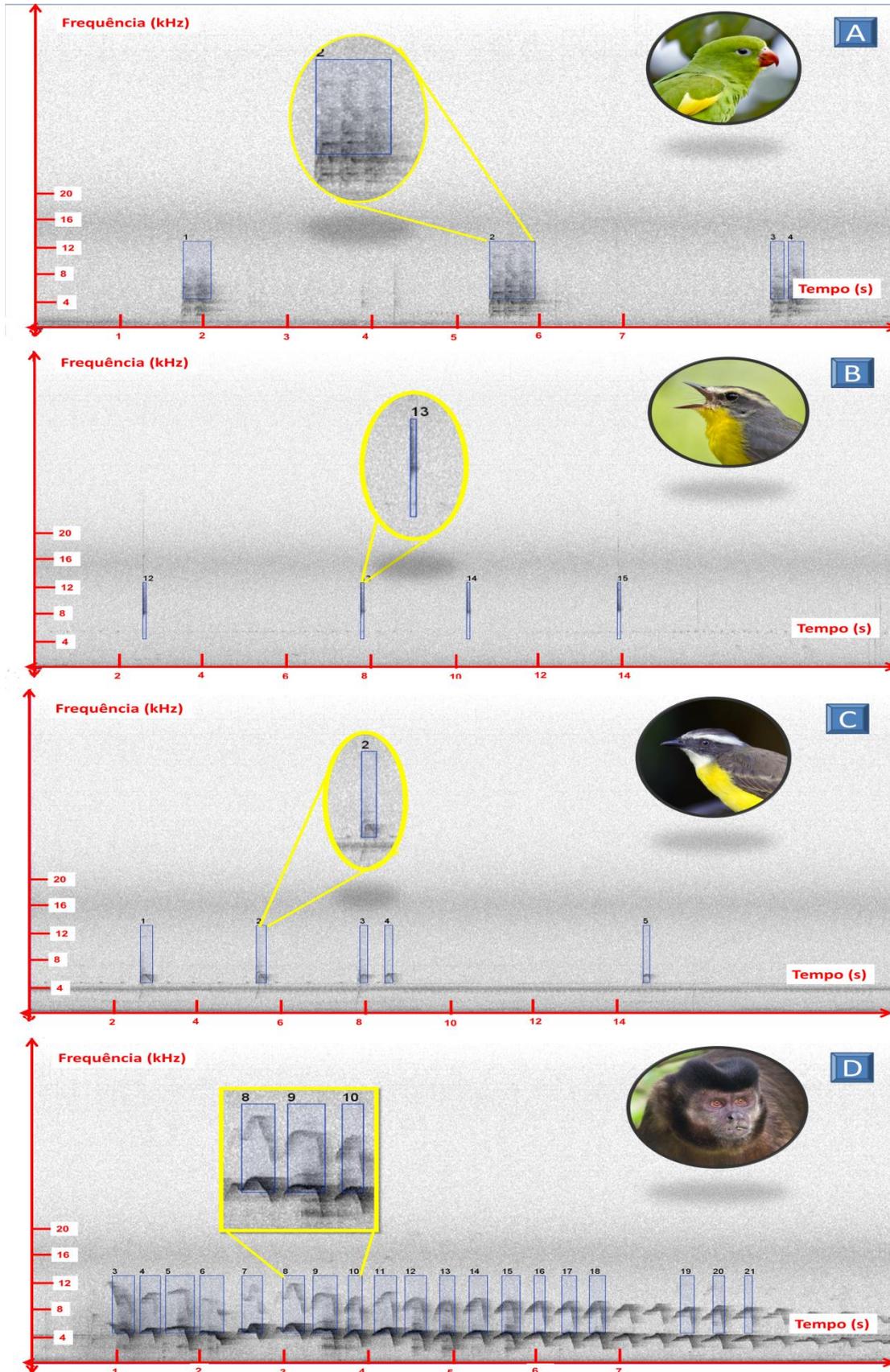


Figura B. Principais falsos positivos em campo: principais sons que corresponderam aos falsos positivos gerados pelo Raven Pro 1.5 nos testes de campo: a) periquito-de-encontro-amarelo (*Brotogeris chiriri*); b) pula-pula (*Basileuterus culicivorus*); c) bentevizinho-de-penacho-vermelho (*Myiozetetes similis*); d) macaco-prego (*Sapajus nigritus*).

Assinatura do Aluno

André Henrique Zambolli

Assinatura da Orientadora

Laurence Marianne Vincianne Culot

Assinatura da Co-orientadora

Laura Kyoko Honda