

Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Mecânica
Laboratório de Acústica e Meio Ambiente

Projeto de Pesquisa

Detectores acústicos automáticos de espécies de aves noturnas em seu bioma natural

Prof. Dr. Linilson Padovese

São Paulo
Dezembro de 2018

1 Detectores acústicos automáticos de espécies de aves noturnas em seu bioma natural;

Resumo:

Recentemente, estudos em bioacústica vem sendo aplicados em diversas áreas da Biologia, desde a Sistemática, passando pela Etologia, até a conservação da biodiversidade. Ainda é pouco explorado, porém, o potencial de aplicação destas ferramentas no estudo de espécies ameaçadas e da fauna noturna. Este projeto pretende desenvolver uma metodologia de obtenção e análise de dados de presença/ausência de aves noturnas, em particular de Strigiformes, por meio do desenvolvimento de detectores acústico utilizando machine learning, para identificação tanto em grandes bancos de dados de paisagens acústicas, como em equipamentos de monitoramento instalado em campo, desenvolvidos pelo Laboratório de Acústica e Meio Ambiente da Poli-USP. Serão utilizadas topologias de redes neurais com treinamento supervisionado, baseado nas Multilayer Perceptron e Redes Neurais Probabilísticas.

Palavras-chave:

Bioacústica, Ecologia Acústica, Monitoramento de Paisagens Acústicas, Processamento de Sinais, Conservação da Biodiversidade, Aprendizado de Máquina; detecção automática de espécies, redes neurais, strigiformes, corujas

2 Equipe;

Coordenador

Linilson Rodrigues Padovese - Professor Associado,
Coordenador do Laboratório de Acústica e meio Ambiente - Lacmam
Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia
Mecânica.
Av. Prof. Mello Moraes, 2231
Cidade Universitária
05508-900 - São Paulo, SP - Brasil
Telefone: (11) 38185590
URL da Homepage: <http://lacmam.poli.usp.br/>
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6741895655912967>

Vice-Coordenador

Dr. Paulo Hubert
Matemático – Estatístico – Pós-Doutorando/Lacmam

<http://lattes.cnpq.br/1484408005536961>

Elder Lucio Santos

Engenheiro - Doutorando – Lacmam – orientado pelo coordenador

<http://lattes.cnpq.br/5839021845345445>

Bruno Tavares Padovese

MSc Ciência da Computação – Pesquisador - Lacmam

<http://lattes.cnpq.br/2754377600512492>

3 Introdução

Campanhas de análise de biodiversidade, principalmente relacionadas a insetos, aves mamíferos e anuros, são tradicionalmente realizadas de maneira “manual”, através da utilização de especialistas em campo, usando a audição e visão. Estas campanhas são demoradas, caras, grandemente dependente da experiência e conhecimento de cada especialista, e limitadas em tempo e espaço. A presença ou não de uma espécie num certo lugar depende da coincidência dos dois, a espécie e o especialista, no mesmo tempo e espaço.

Com finalidade de fornecer ferramentas que permitam aumentar a capacidade de estudo e análise da biodiversidade, tanto em biomas terrestre, quanto subaquáticas, tem sido utilizado o conceito de monitoramento de paisagens acústicas. Para isso, são empregados equipamentos de gravação da acústica ambiente que, através microfones e hidrofones, captam o áudio ambiental seja na banda de infrassom, audível ou ultrassom. Estes equipamentos podem ser autônomos, no sentido que possuem energia interna e capacidade de armazenamento que possibilitam seu funcionamento por alguns dias ou vários meses. Mas também podem ser permanentes, no sentido que não tem restrições de energia (seja pela utilização de painéis solares, ou de outra fonte de energia externa), com eventual transmissão de informação em tempo real. O banco de dados gerado contém informações que possibilitam uma grande diversidade de estudos e análise, tais como: comunicação e comportamento animal, ecologia de paisagens e biologia da conservação, pesquisa em dinâmica populacional (Campos-Cerqueira, 2016), monitoramento de comunidades (Dawson e Efford, 2009), detecção de espécies endêmicas, ameaçadas ou até desconhecidas (Vernier, 2012) e em estudos a respeito de migração (Salamon et al, 2016).

Dentre estes, o desenvolvimento de sistemas de classificação de sons de Aves vem sendo amplamente debatido e revisto na literatura, e algumas referências consultadas são

listas no final da proposta. Vários problemas continuam em aberto sendo talvez, o principal deles, o de estabelecer formas de lidar com a imensa variabilidade de vocalizações e condições acústicas ambientes. Anualmente, equipes transdisciplinares compostas por pesquisadores de diversas organizações internacionais se mobilizam para propor soluções a este tipo de desafio em um evento chamado BirdCLEF (<https://www.imageclef.org/node/230>), que é uma fonte de informação importante no tema.

O Lacmam (Laboratório de Acústica e meio Ambiente da EPUSP) tem vários anos de experiência nesta atividade, seja no desenvolvimento de sua própria tecnologia de hardware e software, seja na condução de campanhas de longa duração de monitoramento e análise de paisagens acústicas, tanto terrestre quanto subaquáticas (Figura 1 e Figura 2), conforme detalhado na Metodologia.



Figura 1. Sistemas de monitoramento de paisagens acústicas permanente e autônomo desenvolvido e utilizado pelo Lacmam em operação na ESEC Águas de Santa Bárbara e no área da Indústria Nuclear Brasileira, Rezende, RJ.

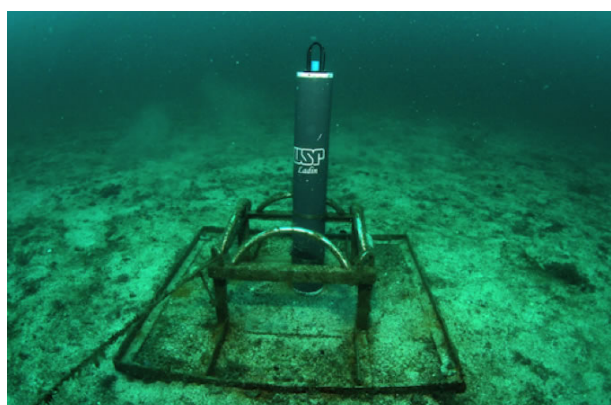


Figura 2. OceanPod: equipamento de monitoramento de paisagens acústica submarina, desenvolvido pelo Lacmam, instalado na REVIS Arquipélago de Alcatrazes e no PEM Laje de Santos

Neste contexto, o presente projeto pretende dar um passo adicional em inovação ao desenvolver tecnologia de detecção automática de determinados eventos acústicos. De particular interesse está a detecção de algumas espécies de Strigiformes (corujas), incorporando métodos de machine learning no pacote de tecnologia de monitoramento de paisagens acústicas já dominada pelo laboratório, em benefício da conservação de espécies e ecossistemas. No contexto do problema de detecção de espécies, existe uma questão particularmente desafiadora: a de detectar espécie de detecção de aves noturnas, devido à limitação de visualização e locomoção do especialista pelo bioma.

Por outro lado, os equipamentos de monitoramento acústico permitem o monitoramento permanente, 24 hrs por dia; e, pelo seu relativo baixo custo, podem ser instalados para cobrir uma vasta região. Portanto, a instalação de software de detecção automatizada nestes equipamentos, ou a utilização destes softwares para análise de grandes bancos de dados acústicos previamente obtidos em campo, possibilitam um método eficiente e eficaz de supervisão/detecção permanente e de grandes áreas, maximizando a detecção de indivíduos e estimação da população, além de fornecer dados sobre comportamento ecológico. É neste contexto que se insere o presente projeto.

Embora a ênfase da proposta seja da detecção automatizada de algumas espécies de aves, a metodologia que se pretende desenvolver poderá ser aplicada também a outras espécies de aves, anuros e, inclusive na fauna subaquática, como mamíferos marinhos e coros de peixes, entre outros.

A inspiração da presente proposta surgiu de demandas formuladas por gestores de Unidades de Conservação federais e estaduais e de ONGs de Conservação. Tratam-se de demandas concretas, que esperamos contribuir para suprir de maneira também concreta.

4 Objetivos

De maneira resumida a principal questão que se quer responder, através do monitoramento acústico ambiental, é: tal espécie está presente? Seja em grandes bancos de dados de paisagem acústica, seja em monitoramento em campo.

- 1) Desenvolver metodologia para desenvolvimento de detectores automáticos de certas espécies de aves, utilizando monitoramento acústico do ambiente e algoritmos de machine learning (redes neurais com treinamento supervisionado).
- 2) Levantar banco de dados de paisagem acústica em área de conservação de Mata Atlântica próximo de São Paulo;
- 3) Desenvolver um equipamento de monitoramento acústico contendo detector automático para instalação em campo;

5 Metodologia proposta

A seguir são detalhadas as espécies alvo deste projeto para os quais serão desenvolvidos os detectores; o banco de dados de paisagem acústica que será utilizado; o banco de dados de vocalização de referência; os algoritmos de pré-processamento e de reconhecimento de padrões que serão utilizados.

5.1 Equipe e infraestrutura

O projeto será desenvolvido pelo Lacmam - Laboratório de Acústica e Meio Ambiente - da Escola Politécnica da USP (<http://lacmam.poli.usp.br/>). O laboratório tem longa experiência no monitoramento, análise e processamento de sinais de paisagem acústica tanto submarina quanto terrestre, em larga escala temporal. Possui 100m² de área, com espaço para até 10 pesquisadores e área para bancadas experimentais. Dentre os projetos desenvolvidos e em desenvolvimento, citam-se os monitoramentos acústicos contínuos, durante os anos de 2016 e 2017, de em dois pontos do litoral do estado de São Paulo (REVIS Alcatrazes - terrestre - e PE Marinho da Laje de Santos - submarino) (Sanchez-Gendriz, Padovese, 2017; Sanchez-Gendriz, 2017). Outro projeto de paisagem acústica terrestre que está em andamento neste laboratório é o de desenvolvimento de índices acústicos para avaliação de recuperação florestal, em parceria com a INB - Indústrias Nucleares Brasileiras (Santos, E., 2019). O Dr. Paulo Hubert, é especialista em métodos estatísticos e machine learning e tem desenvolvido algoritmos de detecção automática nos contextos dos projetos do Lacmam. Por fim, o MSc Bruno Tavares Padovese.

5.2 Espécies-alvo e bancos de dados de avaliação e de referência

5.2.1 Espécies-alvo

Pássaros noturnos e corujas em particular, são um desafio particular no seu levantamento de distribuição e população. O comportamento noturno impõe limitações na movimentação em campo dos especialistas. Justamente por isso, são espécies com pouca informação disponível comparado às espécies diurnas. Ferramentas automatizadas de detecção são especialmente úteis neste caso, pois implicam numa maior disponibilidade de informação sobre o comportamento destas espécies. Nas regiões de estudo, conforme descrito no item seguinte e segundo levantamento feito com base em dados de Wikiaves, eBird, mapas de distribuição elaborados pela BirdLife International (2008), Stotz (1996) e Develey e Martensen (2006), estima-se que seja possível encontrar doze espécies de Strigiformes, dentre elas *Strix hylophila*, *Pulsatrix koeniswaldiana*, *Megascops atricapilla* e *Glaucidium minutissimum* que serão as espécies alvos.

5.2.2 Banco de dados de paisagens acústicas e áreas de estudo.

Estes bancos de dados serão utilizados para testar e avaliar o desempenho dos detectores acústicos (algoritmos de reconhecimento de padrões) a serem desenvolvidos para cada espécie de ave:

INB-Resende

O Lacmam vem levantando um extenso banco de dados de paisagens acústicas em área de Mata Atlântica na região de Resende, RJ, em parceria com a INB – Industrial Nuclear Brasileira. Trata-se de um projeto de análise de recuperação florestal através de índices acústicos e compreende o monitoramento de paisagem acústico contínua de 1 ano, em 4 áreas desta região. Este projeto se iniciou em maio de 2018, indo até maio 2019, com monitoramento 24hrs nestes 4 pontos, numa banda de frequência de 12 kHz. Totaliza, atualmente, 8 meses de monitoramento num total de 4TB. No final do monitoramento ter-se-á 9 TB de dados. Uma descrição mais detalhada da região pode ser encontrada no texto do exame de qualificação de doutorado (Santos, E.L.; 2019), entrando em contato com o PPGEM/Lacmam.

Reserva Morro Grande

O projeto também pretende levantar um banco de dados de paisagem acústica em região de Mata Atlântica próxima da cidade de São Paulo. Trata-se da Reserva Ambiental do Morro Grande, gerida pela Sabesp.

A Reserva Florestal do Morro Grande é uma área de cerca de 10.870 ha estabelecida pela Lei Estadual nº 1.949 de 04 de abril de 1979, e envolve as represas da Cachoeira das Graças (construída entre 1914 e 1917) e Pedro Beicht (construída entre 1927 e 1933), utilizadas no abastecimento de água da cidade de São Paulo. A Reserva é atualmente composta por uma parte de florestas secundárias em processo de regeneração há cerca de 70-80 anos e por matas originais e bem estruturadas, com altitudes que variam de 860 a 1075 m. A cobertura florestal predominante é de Floresta Ombrófila Densa Montana, porém também ocorrem áreas de Floresta Estacional Semidecidual e de florestas mistas de araucárias. Toda a região está dentro do Domínio da Mata Atlântica (para uma descrição completa das características geográficas, climáticas e de fitofisionomia da região, conferir Metzger et al, 2006).

O orçamento solicitado neste trabalho é sobretudo voltado para o financiamento deste levantamento de campo. Serão utilizados gravadores autônomos, como o ilustrado na Figura 1, desenvolvido pelo Lacmam. Estes também são os equipamentos utilizados no projeto conjunto com a INB.

Estes equipamentos têm as seguintes características gerais:

- Frequências de amostragem: 8, 12, 16, 24, 32, 48 kHz
- Formato de gravação de áudio: wav-16 bits
- Gravação mono
- Armazenamento em até 4 cartões microSD. Capacidade total: 800GB
- Alimentação: 4,5V, através de pilhas alcalinas tipo D
- Consumo: 0,35W

Serão distribuídos 3 equipamentos na área do Morro Grande, com taxa de amostragem de 32kHz, gravação contínua em formato .wav, durante 12 meses. Serão consideradas missões de 2 meses cada, sendo que ao final de cada uma os dados são recuperados e o equipamento reconfigurado para outra missão de 2 meses, num total de 6 missões ao longo do ano. O gravador utiliza como fonte de energia pilhas alcalinas tamanho D. Levando em conta o consumo do equipamento, estima-se que serão necessárias 432 pilhas, e serão gerados 7 TB de dados.

5.2.3 Banco de dados anotado de referência.

Para implementar algoritmos de detecção automatizada, baseado em métodos de reconhecimento de padrão supervisionados, que permitam a classificação dos áudios gravados, faz-se necessária obtenção de um banco de dados anotado, ou seja, de uma lista indexada de vocalizações das espécies-alvo. Este banco de dados de vocalizações anotado já foi realizado pela equipe, baseado em bancos online, tais como Wikiaves, Xeno-Canto e Macaulay Library. A diversidade de perfis de ruído e de vocalizações servirá como fonte de experimentação no momento de elaborar o sistema de classificação. Além disso, pretendemos incluir nesta base de dados anotada parte dos registros obtidos em campo, que serão identificados manualmente por meio de comparações com os áudios já disponíveis nas bases de dados citadas acima.

É este banco de dados que fornecerão as informações necessárias para compor o banco de treinamento e de testes iniciais dos algoritmos de reconhecimento de padrões.

5.3 Processamento de Sinais e Algoritmos de Machine Learning

Como forma de análise acústica inicial do conteúdo dos sinais, será utilizada metodologia já estabelecida pelo Lacmam em seus projetos de pesquisa anteriores, na análise de paisagens acústicas de larga escala temporal e espacial: a construção de espectrogramas diários, que são representações visuais, tempo-frequência, de 24 horas de gravação (Sánchez-Gendriz, Padovese, 2017 e Sanchez-Gendriz, 2017). No caso específico deste projeto, serão construídos espectrogramas diurnos e noturnos, ou seja, a representação tempo-frequência de 12 horas. Este tipo de representação possibilita uma avaliação preliminar da evolução da paisagem acústica ao longo dos dias e meses, mas também permite a detecção visual de alguns eventos de escala temporal pequena, como algumas vocalizações de certas espécies.

Para desenvolver o detector automatizado para cada espécie alvo, utilizando uma metodologia com redes neurais com treinamento supervisionado, será utilizado o banco de dados anotado de referência, conforme descrito no item 5.2.3. Os sinais serão filtrados passa-banda de acordo com as assinaturas espectrais de cada espécie. Na sequência faz-se a extração de descritores de características acústicas, tais como MFCC (*Mel frequency cepstral coefficients*), duração da vocalização, duração do intervalo entre as sílabas, LPC (*linear predictive coding*) entre outras. Obtém-se assim uma matriz de características que serão utilizadas tanto no treinamento das redes, como na fase de testes de desempenho, como usual na utilização destes algoritmos.

Serão utilizadas duas topologias de redes neurais: Multilayer Perceptron (MLP) e Redes Neurais Probabilísticas (PNN). São topologias bem conhecidas e documentadas na literatura e com as quais o Lacmam tem uma longa experiência de utilização em diversas áreas [Perez-Benitez, Padovese, 2013; Maru et al., 2007; Padovese, 2002].

Uma vez as redes treinadas, e os testes iniciais realizados, elas serão utilizadas para “varrer” o grande banco de dados disponível no Lacmam, originados no projeto conjunto com a INB, bem como o banco de dados a ser levantado ao longo do projeto, na Reserva do Morro Grande. Haverá uma nova verificação “manual” (pela equipe do projeto) para confirmar as detecções obtidas pelos detectores à procura tanto de falso positivos como negativos. Esta será a forma de avaliação final de desempenho dos detectores.

6 Etapas e cronograma de execução

		bimestre					
	Etapas de Execução	1	2	3	4	5	6
1	Pesquisa bibliográfica	x	x	x	x	x	
2	Preparação e instalação equipamentos em campo	x	x	x	x	x	x
4	Desenvolvimento de bibliotecas de padrão de vocalização	x	x	x	x		
5	Análise acústica preliminar	x	x	x	x		
6	Desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina	x	x	x	x	x	
7	Testes dos algoritmos e análise do banco de coletado			x	x	x	x
8	Relatório final						x

7 Produtos finais esperados:

Espera-se que ao longo do projeto sejam entregues os seguintes produtos:

- 1) Banco de dados da paisagem acústica da Reserva Florestal do Morro Grande, de maneira contínua e longa duração

- 2) Desenvolver software de detecção automática de espécies alvos do projeto para utilização em grandes bancos de dados de paisagens acústicas;
- 3) Desenvolver nova versão de equipamento de monitoramento, baseado na tecnologia desenvolvida pelo Lacmam, contendo software embarcado de detecção, para uso em campo.

8 Orçamento detalhado

O investimento financeiro solicitado é para operação de 3 equipamentos de gravação acústica autônomos em campo, de maneira contínua, ao longo de 12 meses.

Item	R\$
Diárias: diárias campo: 7 viagens para o campo x 1 dias x 3 pessoas Diárias para atividades de campo (instalação e recuperação dos gravadores acústicos na Reserva do Morro Grande SP, utilizando valor de diárias do CNPq R\$ 320,00) ;	6.720,00
Material de Consumo, para operação de equipamento em campo: 2 hardisk de 4 TB para backup do banco de dados coletado em campo: R\$ 1.400,00; 580 pilhas alcalinas D, para alimentação dos equipamentos autônomos em campo, durante 1 ano: R\$ 8352,04 9 cartões microSD classe 10 200GB, para equipamentos autônomos em campo R\$ 3456,00; Os discos rígidos são para backup dos dados acústicos coletados , pilhas e cartões microSD são para serem utilizados na operação em campo dos gravadores autônomos,	13.208,04
Total:	19.928.04

10 Referências

1. Bioacústica e avifauna

BUXTON, R. T.; BROWN, E.; SHARMAN, L.; GABRIELE, C. M.; MCKENNA, M. F. Using bioacoustics to examine shifts in songbird phenology. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 14, p. 4697–4710, 2016.

CAMPOS-CERQUEIRA, M.; AIDE, T. M. Improving distribution data of threatened species by combining acoustic monitoring and occupancy modelling. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 11, p. 1340–1348, 2016.

CLARK, C. W.; FRISTRUP, K. M. Advanced Technologies for Acoustic Monitoring of Bird Populations. Cornell University. Ithaca, NY. 2009

DAWSON, D. K.; EFFORD, M. G. Bird population density estimated from acoustic signals. **Journal of Applied Ecology**, v. 46, n. 6, p. 1201–1209, 2009.

FIGUEIRA, L.; TELLA, J. L.; CAMARGO, U. M.; FERRAZ, G. Autonomous sound monitoring shows higher use of Amazon old growth than secondary forest by parrots. **Biological Conservation**, v. 184, p. 27–35, 2015.

JOHNSON, J. B.; SAENZ, D.; BURT, D. B.; CONNER, R. N. An automated technique for monitoring nocturnal avian vocalizations. **Bulletin of the Texas Ornithological Society**, v. 35, n. 2, p. 24–29, 2002.

KRESS, S. W. The use of decoys, sound recordings, and gull control for a tern colony in Maine. **Colonial Waterbirds**, v. 6, n. 1983, p. 185–196, 1983.

SHONFIELD, J.; BAYNE, E. M. Autonomous recording units in avian ecological research: current use and future applications. **Avian Conservation and Ecology**, v. 12, n. 1, p. art14, 2017. Disponível em: <<http://www.ace-eco.org/vol12/iss1/art14/>>.

TIPP, T. M. Use of Bioacoustic for Population Monitoring in the Western Screech-Owl. 2004. University of Northern British Columbia, 2004.

VENIER, L. A.; HOLMES, S. B.; HOLBORN, G. W.; MCILWRICK, K. A.; BROWN, G. Evaluation of an automated recording device for monitoring forest birds. **Wildlife Society Bulletin**, v. 36, n. 1, p. 30–39, 2012.

YOCCOZ, N. G.; NICHOLS, J. D.; BOULINIER, T. Monitoring of biological diversity in space and time. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 8, p. 446–453, 2001.

2. Espécies-Alvos

Schunck, F et al.; Plano de ação Nacional para a conservação dos papagaios da Mata Atlântica; ICMBIO, 2011

AMARAL, K. F. Composição e abundância de corujas em floresta Atlântica e sua relação com variáveis de habitat. 2007. UFRGS, 2007.

BARROS, F. M. de. Área de vida, uso e seleção de habitat pela corujinha-do-mato *Megascops choliba* (Strigiformes: Strigidae) em uma área de cerrado na região central do Estado de São Paulo. 2011. Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-19042012-092752/en.php>>.

BIBBY, Colin J.; BURGESS, Neil D.; HILL, David A. (Ed.). Bird Census Techniques. Londres: Academic Press Limited, 1993.

BirdLife International (2018) IUCN Red List for birds. Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acesso em: 05/09/2018.

BRAGA, A. C. R. Uso do habitat da corujinha-do-mato *Megascops choliba* e da coruja-buraqueira *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) em remanescentes de cerrado da região central do Estado de São Paulo. 2006. Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, 2006.

BRAGA, A. C. R.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Weather conditions and moon phase influence on Tropical Screech Owl and Burrowing Owl detection by playback in Southeast Brazil. *Ardea*, v. 97, n. 4, p. 395–401, 2009.

BRESSAN, P. M., KIERULFF, M. C. M., SUGIEDA, A. M. Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo: Vertebrados. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009.

BUENO, A. de A.; MOTTA-JUNIOR, J. C. Small animal prey selection by two owl species in Southeastern Brazil. *Journal of Raptor Research*, v. 42, n. 4, p. 248–255, 2008.

HAUG, E. A.; DIDIUK, A. B. Use of recorded calls to detect Burrowing Owls. *Journal of Field Ornithology*, v. 64, n. 2, p. 188–194, 1993.

JOHNSON, D. H.; VAN NIEUWENHUYSE, D.; GÉNOT, J.-C. Survey protocol for the Little Owl *Athene noctua*. *Ardea*, v. 97, n. 4, p. 403–412, 2009. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.5253/078.097.0402>>.

KÖNIG, Claus; WEICK, Friedhelm. *Owls of the World*. 2. ed. Londres: Christopher Helm Publishers, 2008.

KROODSMA, D. E. Suggested experimental designs for song playbacks. *Animal Behaviour*, v. 37, p. 600–609, 1989.

MARTÍNEZ, J. A.; ZUBEROGOITIA, Í.; COLÁS, J.; MACÍA, J. Use of recorder call for detecting long eared owls *Asio otus*. *Ardeola*, v. 49, n. 1, p. 97–101, 2002.

Ministério do Meio Ambiente - MMA, Brasil. Lista nacional oficial de espécies da fauna ameaçadas de extinção. Portaria nº 444 de 17 de dezembro de 2014. Acessada em: 02/03/2018. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/avaliacao-do-risco/PORTARIA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZEMBRO_DE_2014.pdf>.

3. Regiões de Estudo

METZGER, J. P.; ALVES, L. F.; GOULART, W.; TEIXEIRA, A. M. de G.; SIMÕES, S. J. C.; CATHARINO, E. L. M. **Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande**. [s.l: s.n.]v. 6

DEVELEY, P. F.; MARTENSEN, A. C. As aves da Reserva Florestal do Morro Grande (Cotia, SP). *Biota Neotropica*, v. 6, n. 2, p. 1–16, 2006.

SANTOS, E.L.; Ecologia acústica e avaliação de recuperação florestal; Exame de qualificação doutorado, PPGEM, Lacmam, 2019

4. Bioacústica e processamento de sinais

GOYETTE, J. L.; HOWE, R. W.; WOLF, A. T.; ROBINSON, W. D. Detecting tropical nocturnal birds using automated audio recordings. *Journal of Field Ornithology*, v. 82, n. 3, p. 279–287, 2011.

ARAYA-SALAS, M.; SMITH-VIDAURRE, G. warbleR: an r package to streamline analysis of animal acoustic signals. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 8, n. 2, p. 184–191, 2017.

BRANDES, T. S. Automated sound recording and analysis techniques for bird surveys and conservation. **Bird Conservation International**, v. 18, p. S163–S173, 2008.

ELDRIDGE, A.; CASEY, M.; MOSCOSO, P.; PECK, M. A new method for ecoacoustics? Toward the extraction and evaluation of ecologically-meaningful soundscape components using sparse coding methods. **PeerJ**, v. 4, p. e2108, 2016. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/2108>>.

GOËAU, H., GLOTIN, H., VELLINGA, W.P., PLANQUÉ, R., JOLY, A. **LifeCLEF Bird Identification Task**. CLEF Working Notes. **Dublin, Ireland, 11-14 de Setembro de 2017**. Ceur-ws.org, v. 1866. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1866/invited_paper_8.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

JOHNSON, J. B.; SAENZ, D.; BURT, D. B.; CONNER, R. N. An automated technique for monitoring nocturnal avian vocalizations. **Bulletin of the Texas Ornithological Society**, v. 35, n. 2, p. 24–29, 2002.

POTAMITIS, I.; NTALAMPIRAS, S.; JAHN, O.; RIEDE, K. Automatic bird sound detection in long real-field recordings: applications and tools. *Applied Acoustics*, v. 80, p. 1–9, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.01.001>>.

RAGHURAM, M. A.; CHAVAN, N. R.; BELUR, R.; KOOLAGUDI, S. G. Bird classification based on their sound patterns. *International Journal of Speech Technology*, v. 19, n. 4, p. 791–804, 2016.

SALAMON, J.; BELLO, J. P.; FARNSWORTH, A.; ROBBINS, M.; KEEN, S.; KLINCK, H.; KELLING, S. Towards the automatic classification of avian flight calls for bioacoustic monitoring. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–26, 2016.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I.; PADOVESE, L. R. A methodology for analyzing biological choruses from long-term passive acoustic monitoring in natural areas. *Ecological Informatics*, v. 41, n. July, p. 1–10, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.07.001>>.

SÁNCHEZ-GENDRIZ, I. **A Methodology for analyzing data from long-term passive acoustic monitoring**. Thesis, Escola Politécnica - Universidade de São Paulo, 2017.

STOWELL, D.; WOOD, M.; STYLIANOU, Y.; GLOTIN, H. Bird detection in audio: a survey and a challenge. **IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing, MLSP**, v. 2016–Novem, 2016.

SUEUR, J. A very short introduction to sound analysis for those who like elephant trumpet calls or other wildlife sound. **Muséum National d’Histoire Naturelle**, p. 1–17, 2014.

SUEUR, J.; AUBIN, T.; SIMONIS, C. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. **Bioacoustics**, v. 18, n. 2, p. 213–226, 2008.

TOWSEY, M.; PLANITZ, B.; NANTES, A.; WIMMER, J.; ROE, P. A toolbox for animal call recognition. **Bioacoustics**, v. 21, n. 2, p. 107–125, 2012.

5. Redes Neurais MLP e PNN

Perez-Benitez, J.A. ; Padovese, L.R. . A system for classification of time-series data from industrial non-destructive device. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* **JCR**, v. 26, p. 974-983, 2013.

MARU, M M ; CASTILLO, R S ; PADOVESE, L. R. . Influence of oil contamination on the vibration and wear of ball and roller bearings. *Industrial Lubrication and Tribology* **JCR**, v. 59, p. 137-142, 2007.

PADOVESE, L. R.. Comparison between probabilistic and multilayer perceptron neural networks for rolling bearing fault classification. *International Journal Of Modelling And Simulation*, ACTA Press, Canadá, v. 22, n.2, 2002