

LEONARDO MARQUES JOAQUIM

**Impactos do ruído ambiental e da atenuação sonora em aves que vocalizam
em baixa frequência**

BAURU

2022

LEONARDO MARQUES JOAQUIM

Impactos do ruído ambiental e da atenuação sonora em aves que vocalizam em baixa frequência

Dissertação apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para a obtenção do título de Mestre em Biociências (Área de Conhecimento: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica)

Orientador(a): Prof. Dr. Reginaldo José Donatelli

Co-Orientador(a): Dr. Guilherme Sementili Cardoso

Bolsista: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

BAURU

2022

J62i Joaquim, Leonardo Marques
 Impactos do ruído ambiental e da atenuação sonora em aves que
 vocalizam em baixa frequência / Leonardo Marques Joaquim. --
 Bauru, 2022
 50 p.

 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
 Faculdade de Ciências, Bauru
 Orientador: Reginaldo José Donatelli
 Coorientador: Guilherme Sementili Cardoso

 1. Bioacústica. 2. Columbidae!. 3. Vocalização. 4. Poluição sonora.
 I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DO EXAME GERAL DE QUALIFICAÇÃO DE LEONARDO MARQUES JOAQUIM, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS, CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU

Aos 14 dias do mês de dezembro do ano de 2021, às 14:00 horas, por meio de Videoconferência, reuniu-se a Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. REGINALDO JOSE DONATELLI (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/FC-Bauru, Prof. Dr. RÉGIS AUGUSTO PESPINELLI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/FC-Bauru, Profa. Dra. DAPHINE RAMIRO HERRERA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/FC-Bauru, para o Exame Geral de Qualificação de LEONARDO MARQUES JOAQUIM, nos termos de Regulamento do Programa, tendo o discente recebido o conceito final APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. REGINALDO JOSE DONATELLI

Agradecimentos

Agraço primeiramente a minha família, minha mãe Rosicleire, uma mulher forte, que me ensina todo dia sobre superação, afeto, carinho, e que somos humanos, erramos, desistimos, conquistamos e tentamos de novo, uma mulher incrível e que merece todo amor do mundo. Ao meu pai Luiz Carlos com o qual eu sempre me inspirei, moldou minha forma de agir com os outros, com valores integros e honestos, um homem que sempre esteve ali quando eu precisei de verdade. A minha avó Rita, que nunca sairá do meu coração e está presente comigo em todos os momentos, que deixou uma saudade imensurável, que possuía um abraço que transbordava carinho do qual eu nunca esquecerei.

Agradeço aos amigos que a vida me deu, sem os quais eu nunca teria chegado a lugar nenhum, muitas vezes me erguendo quando eu tinha plena convicção que não conseguiria, sou muito grato de ter dividido momentos e experiências com pessoas que servem de inspiração. Agradecimento especial a Bianca, que sempre me apoiou e me deu motivação para esse projeto, foi comigo em praticamente todas as coletas, sem a qual não teria sido possível de realizar, risadas e ensinamentos que ela trouxe. Aos moradores do apartamento 14 com o qual eu dividi tantos anos, Bruno e Igor. Ao meu amigo de mais longa data que sempre esteve ali comigo, Tobias. A minha amiga querida Cintia. Meu primo Gabriel, o qual eu vi crescer e está me enchendo de orgulho. E os que me dão motivação para continuar indo em frente, Leonardo, Lucas, Raphael, Fontebasso, Felipe, Fernando, Kayo, Gabriela, Raissa, Natan, Jênniffer, Tom, Rita e Frida. Sem vocês eu não seria nada.

Ao amigo de laboratório Rafael Martos, que sempre me ajudou e forneceu suas maravilhosas fotos para esse trabalho e para apresentações.

A Daphine e Regis que me ajudaram com suas sugestões e correções na formação desse estudo.

Ao meu orientador Reginaldo, um professor inspirador, que confiou em mim para ser seu aluno desde a IC e me deu a honra de poder ter meu nome ao lado do dele nesse projeto

Ao co-orientador Guilherme, pelos conhecimentos teóricos e práticos compartilhados, um pesquisador e professor brilhante, uma referência em bioacústica.

E por fim agradeço a UNESP que me abrigou da graduação até a pós, instituição que sempre levarei no coração.

Resumo

As aves utilizam principalmente os sinais auditivos para a comunicação, determinação de território, escolha de parceiros sexuais e a detecção de ameaças. O ruído ambiental antropogênico é um grande poluente sensorial, pois afeta negativamente o modo como os organismos percebem o ambiente, o que leva algumas aves a alterar a estrutura de suas vocalizações para adequar a transmissão no ambiente acústico local. As aves podem aumentar os valores de amplitude sonora em resposta ao ruído, bem como o aumento nos seus valores gerais de frequência; já que o ruído antrópico predomina nos valores de frequência mais baixos. *Patagioenas picazuro* é uma espécie pertencente à família Columbidae, com hábitos cosmopolitas e generalistas, sendo um modelo importante por ser abundante na região (centro-oeste paulista), na qual foi efetuado o estudo e dependente da comunicação vocal para as suas interações sociais. Foram registrados um total de 55 indivíduos nos três grupos amostrados A, B e C, sendo 20 indivíduos próximos à rodovia (grupo A), 15 distantes da rodovia (grupo B) e 20 na Estação Ecológica de Caetetus (grupo C). No total foram analisadas 386 vocalizações. O teste de Permanova indicou que entre os três grupos amostrados, A e C são os que mais se diferenciam entre si. As variáveis temporais foram as que são mais influenciadas pela divisão entre os grupos A, B e C. Dentre os critérios de análise temporais (em segundos) e espectrais (em kHz), T1, T2, Pico2 e T3 foram os que apresentaram diferença entre os grupos, confirmando as hipóteses de que os grupos se diferenciam entre si. O estudo evidenciou que os indivíduos de *P. picazuro* aumentam a duração de suas notas em uma região ruidosa e tem sua relação diretamente proporcional, quanto maior o ruído maior a duração da sua vocalização. A frequência da vocalização também foi influenciada pelo ruído ambiental onde as variáveis vocais tem sua frequência diretamente proporcional ao aumento do ruído. A interação entre atenuação e ruído mostrou-se crucial para entender o comportamento das variáveis nas três áreas analisadas, Grupo A, B e C evidenciando a influência do ambiente em suas vocalizações.

Palavras-chave: Bioacústica, Columbidae, vocalização, poluição sonora.

Abstract

Birds primarily use auditory signals for communication, determining territory, choosing sexual partners, and detecting threats. Anthropogenic environmental noise is a major sensory pollutant, as it negatively affects the way organisms perceive the environment, which leads some birds to alter the structure of their vocalizations to adapt the transmission to the local acoustic environment. Birds may increase sound amplitude values in response to noise, as well as the increase in their overall frequency values; since the anthropic noise predominates in the lower frequency values. *Patagioenas picazuro* is a species belonging to the Columbidae family, with cosmopolitan and generalist habits, being an important model for being abundant in the region (central-west of São Paulo), in which the study was carried out and dependent on vocal communication for its social interactions. A total of 55 individuals were recorded in the three sampled groups A, B and C, being 20 individuals close to the highway (group A), 15 distant from the highway (group B) and 20 in the Caetetus Ecological Station (group C). In total, 386 vocalizations were analyzed. The Permanova test indicated that among the three sampled groups, A and C are the ones that most differ from each other. The temporal variables were the ones that are most influenced by the division between groups A, B and C. Among the temporal (in seconds) and spectral (in kHz) analysis criteria, T1, T2, Peak2 and T3 were the ones that showed a difference between groups, confirming the hypotheses that the groups differ from each other. The study showed that *P. picazuro* individuals increase the duration of their notes in a noisy region and their relationship is directly proportional, the greater the noise, the longer the duration of their vocalization. The vocalization frequency was also influenced by environmental noise, where the vocal variables have their frequency directly proportional to the noise increase. The interaction between attenuation and noise proved to be crucial to understand the behavior of the variables in the three areas analyzed, Group A, B and C, evidencing the influence of the environment on their vocalizations.

Keywords: Bioacoustic, Columbidae, vocalization, noise pollution.

Lista de Figuras

Figura 1- Diagrama ilustrando a dispersão esférica de som. Adaptado de Catchpole e Slater 2008.....	14
Figura 2 - Espécie analisada, <i>Patagioenas picazuro</i> . Foto por: Rafael Martos.....	15
Figura 3 - Espectrograma da vocalização da <i>Patagioenas picazuro</i>	16
Figura 4 - Área de amostragem dos grupos delineados, A, B e C dentro do Estado de São Paulo	17
Figura 5 - Área de amostragem. As áreas amostrais na imagem estão divididas em próximas das rodovias (vermelhas) e distantes das rodovias (verdes). Estão destacadas também as duas rodovias (em branco). Fonte: Google Earth, 2018.....	18
Figura 6 - Localização da EECa no Estado de São Paulo, variação de altitude e localização das trilhas existentes na reserva.....	19
Figura 7- Representação do método de gravação dos indivíduos.....	20
Figura 8- Espectrograma da vocalização da <i>Patagioenas picazuro</i> . Com destaque para as três sílabas analisadas.....	21
Figura 9- Análise Permutacional de Variância (PERMANOVA) Indicando a diferenciação entre os grupos A, B e C.....	24
Figura 10- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T1, Min1, Pico1, Max1. Em destaque variável que apresenta diferença entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.....	26
Figura 11- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T2, Min2, Pico2, Max2. Em destaque variáveis que apresentam diferenças entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.....	27
Figura 12- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T3, Min3, Pico3, Max3. Em destaque variável que apresenta diferença entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.....	28
Figura 13- Regressão Linear T1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	32
Figura 14- Regressão Linear Min1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	32
Figura 15- Regressão Linear Pico1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	33
Figura 16- Regressão Linear Max1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	33
Figura 17- Regressão Linear T2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	34
Figura 18- Regressão Linear Min2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	34
Figura 19- Regressão Linear Pico2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	35
Figura 20- Regressão Linear Max2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	35

Figura 21- Regressão Linear T3. Indicando o comportamento das variáveis preditoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	36
Figura 22- Regressão Linear Min3. Indicando o comportamento das variáveis preditoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	36
Figura 23- Regressão Linear Pico3. Indicando o comportamento das variáveis preditoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	37
Figura 24- Regressão Linear Max3. Indicando o comportamento das variáveis preditoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.....	37

Lista de Tabelas

Tabela 1- Média do ruído em cada um dos grupos analisados.....	23
Tabela 2- Teste de Kruskal-Wallis; Usado para verificar quais variáveis são diferentes entre os grupos.	25
Tabela 3- Modelos Lineares Generalizados. Em destaque o modelo mais relevante e com menor perda de informação.....	29
Tabela 4- Análise de função discriminante.....	38

Lista de Anexos

Anexo 1 - Tabela de amostragem do grupo A. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade; Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído.....	50
Anexo 2 - Tabela de amostragem do grupo B. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade; Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído.....	51
Anexo 3 - Tabela de amostragem do grupo C. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade; Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído.....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 Comunicação sonora	11
1.2 Influência do ruído e atenuação sonora na vocalização	12
OBJETIVOS	14
2.1 Objetivos gerais	14
2.2 Objetivos específicos	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Espécie de estudo	15
3.2 Delineamento amostral	16
3.3 Registro das vocalizações	19
3.4 Parâmetros ambientais	20
3.5 Variáveis acústicas	21
3.6 Testes e análises	22
RESULTADOS	23
DISCUSSÃO	38
CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	50

INTRODUÇÃO

1.1 Comunicação sonora

A comunicação é um aspecto central da Ecologia, já que muitas interações sociais são baseadas na troca de informações (BRUMM, 2004). A comunicação ocorre por vários meios como por exemplo: visual, olfativo, acústico, etc. A comunicação acústica é uma propagação de vibrações longitudinais através de meios materiais e que propagam-se em três dimensões pelo espaço (SOUZA, 2021), um processo físico caracterizado por frequência, intensidade e o tempo (FEYNMAN et al., 1963).

O processo de comunicação envolve sempre um emissor que envia um sinal com propriedades que será captado pelos órgãos sensoriais de um receptor (BRADBURY e VEHRENCAMP, 2011). A mensagem atravessa um meio que pode impor certas restrições à transmissão, o que pode modificar as suas propriedades. Ao atingir o receptor, a mensagem será decodificada pelo seu sistema nervoso e deflagrará uma resposta direcionada ao emissor, criando uma relação entre estes dois indivíduos (SILVA, 2001). De modo geral pode-se inferir que a comunicação ocorreu quando o sinal emitido altera o comportamento do receptor. Em um senso mais amplo, a comunicação serve como um ajuste coletivo das relações entre os indivíduos e na sua interação com o ambiente (MORTON, 1977). Assim, a estrutura da comunicação pode refletir as características do hábitat onde o indivíduo se insere, servindo como um importante parâmetro das condições ambientais (BRUMM, 2004; SWADDLE e PAGE, 2007).

As aves utilizam principalmente os sinais auditivos para a comunicação (ALCOCK, 1989; CATCHPOLE e SLATER, 2008). Estes sinais mediam muitos aspectos da vida das aves, podendo influenciar a coesão de um grupo, a determinação de um território, a escolha de parceiros sexuais, detecção de perigos, entre outros (CATCHPOLE e SLATER, 2008). As aves são um dos melhores representantes da plasticidade do reino animal, com sua diversidade de cantos e chamados, algumas espécies até modificam seu nicho acústico diante da presença de vocalizações similares para tentar evitar que sua vocalização seja mascarada, ou prejudicada (SEDDON, 2005). A maioria das espécies de aves possui sua própria vocalização (PODOS, 2004). As características físicas do som e fisiológicas das aves (BOWLING, 2017), permitem essa grande diversidade de vocalizações, frequências e amplitudes (CATCHPOLE & SLATER, 2008). Possíveis modulações nessas características podem criar sinais distintos (PODOS, 2004). A natureza rápida e transiente dos sinais acústicos é ideal para a transmissão de informação

através de um meio (BRADBURY e VEHRENCAMP, 2011). O som pode se propagar em todas as direções em um meio fluido, permitindo a transmissão no entorno, e até mesmo através, de obstáculos. A rápida transiência sonora torna fácil o ajuste momentâneo do indivíduo em resposta ao contexto, permitindo respostas eficazes às dificuldades impostas pelo meio. Isto torna os sinais sonoros custosos aos indivíduos que os produzem (BRACKENBURY, 1979), pois cada vez que emite um som, o indivíduo gasta energia com os músculos respiratórios e fonadores para a sua produção. Para determinadas espécies, as vantagens proferidas por esse meio de comunicação se mostram superiores aos custos, visto a variedade e complexidade de vocalizações e chamados que vemos em diversos táxons de aves pelo mundo (CATCHPOLE e SLATER 2008).

1.2. Influências do ruído e atenuação sonora na vocalização

O ruído ambiental de origem antrópica é um importante poluente sensorial, pois pode afetar negativamente o modo como os organismos percebem o ambiente, e age como estressor em diversas espécies (INJAIAN et al., 2019; SWADDLE et al., 2015). O ruído de tráfego é difundido no ambiente que está instaurado e continua a crescer indiscriminadamente (BARBER et al., 2010). Este estressor tem consequências negativas em grandes e pequenas escalas (KLEIST et al., 2018). O aumento da intensidade de ruídos urbanos pode prejudicar a recepção dos sinais sonoros, o que leva algumas aves a alterar a estrutura acústica destas emissões para adequar a transmissão no ambiente acústico local (CATCHPOLE e SLATER, 2008).

Aves são sensíveis a distúrbios e alterações de ambientes e clima (MACGREGOR-FORS, 2008; BARBOSA et al. 2017), sendo assim, um grupo de interesse para estudos em ambientes com forte influência antrópica. Entre as causas próximas documentadas que moldam as comunidades de aves urbanas estão: mudanças na cobertura vegetal, florística e microclima (CHACE e WALSH, 2006; RODEWALD e SHUSTACK, 2008; RODEWALD et al., 2010), abundância de predadores e parasitas de cria (RODEWALD et al., 2011), disponibilidade de recursos alimentares (LOWRY et al., 2012) e urbanização como: ausência de parques urbanos, (LOSS, 2009), excesso de exposição a luminosidade noturna (SENZAKI et al., 2019) e nível de ruído ambiental (BRUMM, 2004; PENA et al., 2017). Assim, a urbanização pode impactar profundamente a composição e estrutura da comunidade de aves (BARBOSA, et al. 2020).

Primeiramente, as aves podem aumentar os valores de amplitude sonora em resposta ao ruído, como postulado pelo Efeito de Lombard (LOMBARD, 1911). Tal efeito é bem documentado em aves (ZOLLINGER e BRUMM, 2015). O ruído também pode causar uma

tendência de aumento nos valores gerais de frequência das vocalizações das aves (SLABBEKOORN e SMITH, 2002; FERNÁNDEZ-JURICIC et al., 2005; LEON et al., 2015; ODEN et al., 2015; POTVIN e MACDOUGALLSHACKLETON, 2015) visto que o ruído ambiental antropogênico é primariamente composto de frequências na faixa de 0–3 kHz (WOOD e YEREZINAC, 2006; GOODWIN e SHRIVER, 2011), sendo mais intenso nas frequências mais baixas (ZOLLINGER e BRUMM, 2015), aves são mais suscetíveis às pressões seletivas artificiais impostas por esta barreira na comunicação. Sendo assim, as aves tenderiam a aumentar os valores de frequência para evitar o mascaramento sonoro de suas vocalizações.

O ruído também pode exercer pressão seletiva nos padrões temporais das vocalizações. Aves situadas em ambientes ruidosos apresentam vocalizações mais longas, tanto na duração das sílabas (HAMAQ e WATANABE, 2011; GOUGH, 2014) quanto na redundância do sinal sonoro (FICKEN et al., 1974; BRUMM e SLATER, 2006; HAMAQ e WATANABE 2011). Esta perturbação também influencia a estrutura do repertório vocal, fazendo com que as aves emitam vocalizações com menor variedade de sílabas (HALFWERK e SLABBEKOORN, 2009; CARTWRIGHT et al., 2014). Além disso, o excesso de ruído pode modificar a distribuição e diminuir o sucesso reprodutivo da espécie afetada, podendo causar uma divergência evolutiva (WARREN et al., 2006; ZOLLINGER, 2013).

Como o som é uma propagação ondulatória, possui as propriedades características de uma onda: reflexão, refração, difração e interferência (SOUZA, 2021). Dado essas características, a atenuação sonora (figura 1) é um dos problemas na transmissão do som (CATCHPOLE e SLATER, 2008). O problema consiste na acurácia e precisão com que as mensagens são transmitidas, e depende do grau de degradação e atenuação que um sinal sofre durante sua propagação no meio, do ruído presente no ambiente, ou de como esse ruído interfere no sinal nela (ARAÚJO, 2020). Assim, quanto mais distante o emissor estiver do receptor, mais baixo e fraco o sinal será (WILEY e RICHARDS 1978, 1982), devido um princípio físico de obstrução da onda e absorção atmosférica relacionado a umidade e temperatura (FORREST 1994). (Figura 1). A unidade de intensidade usada é o decibel (dB) e a absorção do som é medida em decibéis por metro (dB/m). Na prática, diversos fatores interferem na dispersão da onda sonora, como a vegetação e o habitat onde o indivíduo se insere (AYLOR, 1971; MARTEN e MARLER, 1977; MARTENS, 1980).

A temperatura e a umidade são parâmetros que determinam a atenuação sonora, porém a sua influência é dependente da frequência do som emitido. Altas frequências tendem a sofrer uma atenuação maior que baixas frequências, pois são mais propensas a serem absorvidas e

dispersas pela atmosfera, especialmente em ambientes quentes e com uma alta umidade (CATCHPOLE e SLATER, 2008). Sons de baixa frequência com ondas de comprimento mais longas são principalmente afetados por grandes obstruções (LAROM et al. 1997) e barreiras físicas que obstruam sua propagação (SLABBEKOORN, 2004)

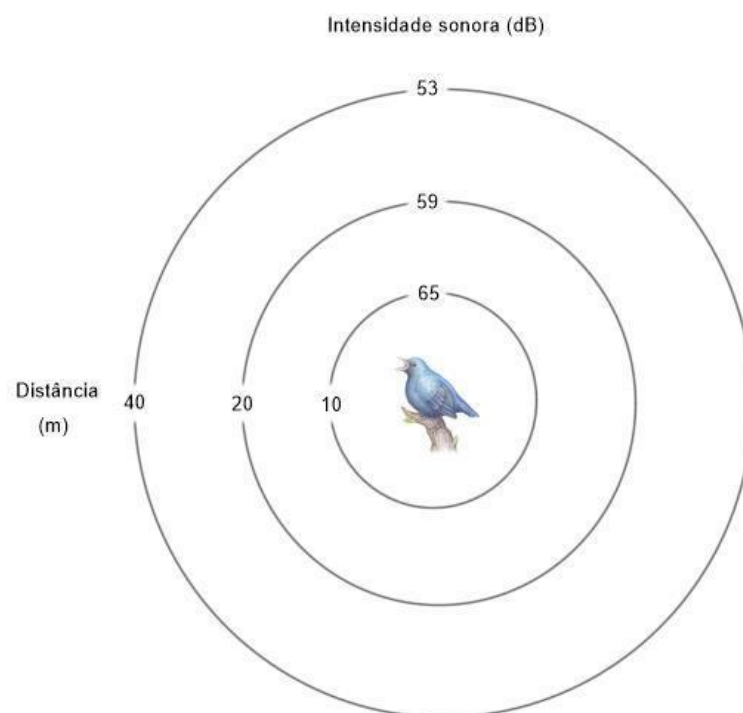


Figura 1- Diagrama ilustrando a dispersão esférica de som. Fonte: Adaptado de Catchpole e Slater 2008.

OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Analisar a vocalização de *Patagioenas picazuro* (Temminck, 1813) na região de Bauru - SP e na Estação Ecológica de Caetetus (EECa) Gália - SP, relacionando as características acústicas com a estrutura do ambiente onde os indivíduos se inserem, com especial interesse no ruído ambiental de origem antrópica e na atenuação sonora.

2.2 Objetivos específicos

Correlacionar as possíveis diferenças que existem na vocalização entre os indivíduos situados em áreas com diferentes níveis de ruído ambiental antrópico da região de Bauru, SP, e Estação Ecológica de Caetetus (EECa).

Determinar se e como, o ruído ambiental e/ou atenuação interfere na comunicação das aves situadas nas diferentes áreas analisadas através de uma análise Bioacústica.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Espécie de estudo

Patagioenas picazuro (Temminck, 1813) (Figura 2), é uma espécie pertencente à família Columbidae. Conhecida como pomba-asa-branca, é uma espécie de hábito cosmopolita e generalista.



Figura 2- Espécie analisada, *Patagioenas picazuro*. Foto por: Rafael Martos.

Possui tamanho corporal relativamente grande, em média 34 cm e massa corporal em torno de 400g (BAPTISTA et al., 2018). Habita tanto ambientes florestais quanto áreas abertas, colonizando rapidamente áreas recém desmatadas (SICK, 1997). É uma espécie que se alimenta de partes vegetais (frutos, sementes e brotos), podendo forragear em todos os estratos da vegetação (WILMAN et al., 2014). No sudeste do Brasil, a espécie se reproduz durante todo o ano (BAPTISTA et al., 2018).

As vocalizações da espécie tendem a seguir o padrão apresentado pela família Columbidae: vocalizações de baixa frequência, com padrão sibilado e de poucos harmônicos, geralmente estereotipado e com poucas variações sintáticas (BAPTISTA et al., 2018) (Figura 3).

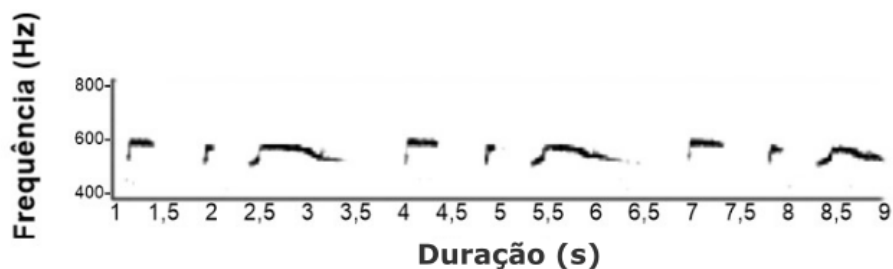


Figura 3- Espectrograma da vocalização da *Patagioenas picazuro*. Fonte: Próprio autor

Como existem evidências de que este táxon desenvolve suas vocalizações normalmente na ausência de aprendizado (LADE e THORPE, 1964; NOTTEBOHM e NOTTEBOHM, 1971), quaisquer variações vocais podem ser atribuídas às respostas morfológicas e comportamentais ao contexto onde elas se inserem, incluindo o ambiente, já que vocalizam em bandas de frequência onde o ruído predomina podendo ser afetadas pelo mascaramento acústico (NARANGO e RODEWAL, 2015; ROCA et al., 2016)

3.2. Delineamento amostral

Neste estudo foram estabelecidos três grupos amostrais A, B e C (figura 4), provenientes de regiões com diferentes características ambientais, para podermos usar como parâmetros de análises e inferência, tais como ruído e atenuação sonora. Os indivíduos amostrados nos grupos são todas aves adultas da espécie *P. picazuro* que vocalizaram espontaneamente. Todas as áreas amostrais correspondem a regiões do Estado de São Paulo visto que possuem características particulares, mas compartilham de uma macrorregião semelhante, dando mais veracidade ao modelo para estudo onde as características particulares desses ambientes são realmente preditoras das possíveis alterações na vocalização.

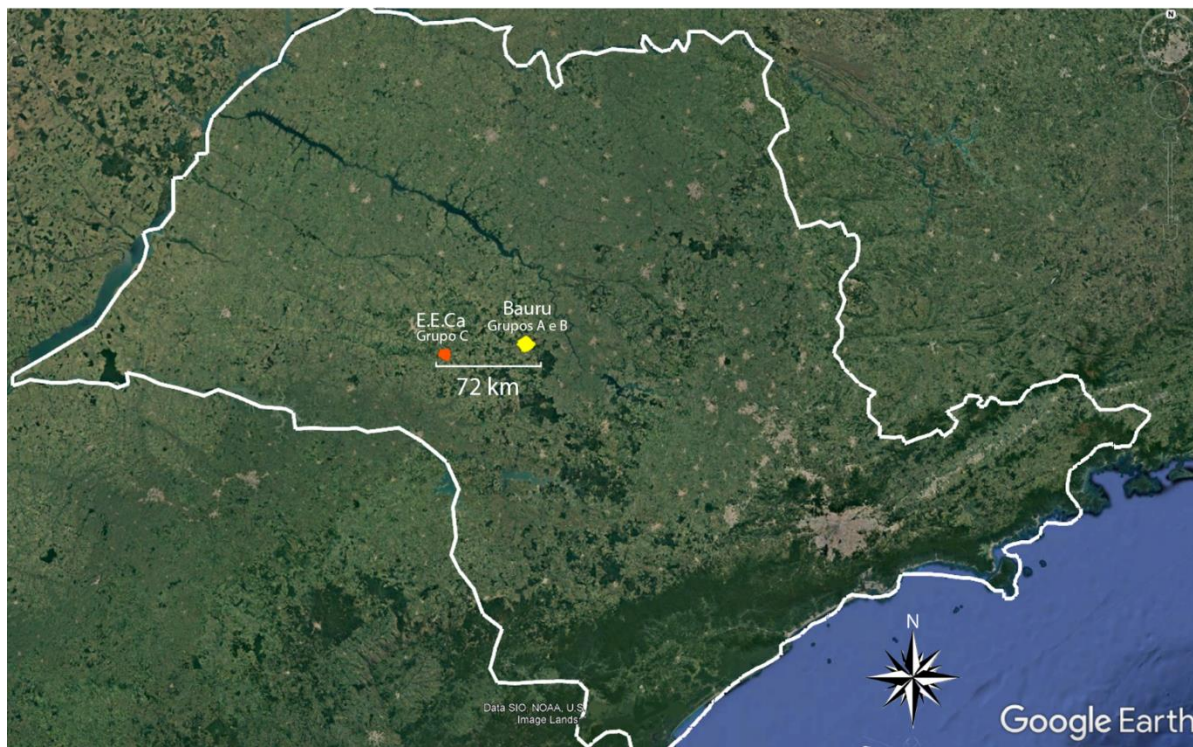


Figura 4 – Área de amostragem dos grupos delineados, A, B (região de Bauru-SP) e C (EECa – Gália -Sp)

Fonte: Google Earth, 2021

O registro das vocalizações foi realizado na região de Bauru/SP, (Figura 5), área que engloba a região dos grupos A e B, e na Estação Ecológica dos Caetetus (EECa), localizada junto aos municípios de Gália e Alvinlândia (Figura 6) representa o grupo C.

Na região de Bauru existem três remanescentes de cerrado onde englobam a área de coleta, são essas, Reserva Legal do Campus de Bauru da UNESP (-22.353056, -49.014978), com 265,4ha, Jardim Botânico Municipal (-22.343239, -49.016738) com 321,1ha e Reserva Ecológica da Sociedade Beneficente Enéas Carvalho de Aguiar (-22.328245, -48.975245) com 217ha, que, juntas, totalizam 803ha (CAVASSAN, 2013). Tais remanescentes apresentam como vegetação predominante uma savana florestal com pequenas manchas de mata estacional semidecidual, tanto secas quanto encharcadas permanentemente, encravadas no interior do Cerradão (CAVASSAN *et al.* 2006; CAVASSAN, 2013). A região apresenta o clima Cwa de Köppen, caracterizado pelo inverno seco, com chuvas de menos de 30mm no mês mais seco, e verão úmido, com temperaturas médias superiores a 22°C no mês mais quente e abaixo de 18°C no mês mais frio. As regiões amostradas situam-se às margens do cruzamento de duas importantes rodovias: a SP-225 e a SP-300, sendo a SP-225 uma rodovia de importante acesso para diversas cidades da região. A rodovia apresenta um tráfego intenso, pois é uma das principais rotas entre as mesorregiões de Bauru, Piracicaba e Araraquara (IBGE, 2010). A SP-

300 também possui um tráfego intenso, pois conecta a região metropolitana de São Paulo ao Mato Grosso do Sul. Por cruzar o estado, a rodovia permite o acesso das cidades do interior paulista à capital (IBGE, 2010).

A partir disso, foram amostrados indivíduos em duas áreas distintas, dentro da região de Bauru/SP, caracterizando assim grupo A e B, a primeira área (área vermelha na Figura 5) situada às margens das rodovias, onde as bordas limítrofes estejam a, no máximo, 1km de distância de uma das rodovias que será denominado de grupo A. O segundo grupo (área verde na Figura 5) representa as áreas distantes das rodovias, pois suas bordas limítrofes se situam a, no mínimo, 1,5km de distância de uma das rodovias, denominado grupo B. Todas as áreas são abertas, com vegetação esparsa, predominantemente herbácea ou arbustiva, com ampla visibilidade.



Figura 5- Área de amostragem. As áreas amostrais na imagem estão divididas em próximas das rodovias (vermelhas) e distantes das rodovias (verdes). Estão destacadas também as duas rodovias (em branco). Fonte: Google Earth, 2018.

A região de estudo do grupo C foi a Estação Ecológica dos Caetetus, onde os indivíduos coletados foram enquadrados no terceiro grupo, a E.E localizada junto aos municípios de Gália/SP e Alvinlândia/SP, nas coordenadas geográficas (-22.376371, -49.671658) com uma área de 2.178,84ha (Figura 6). Passou a ser de responsabilidade do Instituto Florestal, sendo reconhecida como Estação Ecológica em 6 de fevereiro de 1987, pelo Decreto Estadual nº 26.718 (São Paulo, 1987). A EECa está inserida no domínio da Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2013) e representa um dos últimos grandes remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual do Estado de São Paulo. O clima da região da EECa é do tipo Cwa de Köppen, a estação seca se estende de abril a setembro e apresenta precipitação que varia de 35 a 75mm com temperaturas médias mensais variando entre 16° a 25°C. Durante o inverno podem ocorrer ocasionalmente geadas. Na estação chuvosa (de outubro a março) a precipitação varia de 120 a 200mm mensais e temperaturas altas, com médias mensais entre 22° e 26°C. As médias anuais de precipitação variam de 1.000 a 1.600mm (TABANEZ et al., 2005). Devido a sua localização e seu distanciamento da malha rodoviária, a estação ecológica mostra-se como um importante parâmetro de amostragem em função de uma menor influência sonora de origem antrópica

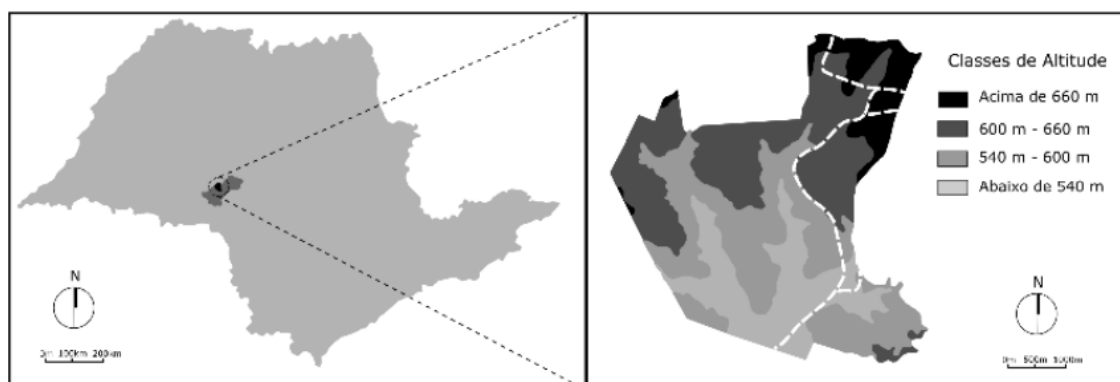


Figura 6- Localização da EECa no Estado de São Paulo, variação de altitude e localização das trilhas existentes na reserva. Fonte: Gerotti, 2017

3.3. Registro das Vocalizações

Os indivíduos foram registrados através da gravação de suas vocalizações com um gravador digital Marantz PMD660, acoplados a um microfone direcional Yoga HT-81. Cada indivíduo foi gravado por 5 minutos, a uma distância padronizada de dez metros do animal, com o microfone posicionado a dois metros de altura com relação ao solo e apontado diretamente para o animal (figura 7). Foram gravadas as aves vocalizando espontaneamente a partir de poleiros expostos (sem nenhuma obstrução entre o microfone e a ave). Para evitar

efeitos atenuadores da dispersão sonora, o microfone foi direcionado em uma angulação de, no máximo, 30° com relação ao bico da ave, estando sempre na direção da região de emissão vocal. As gravações foram feitas apenas em dias abertos ou parcialmente nublados, e com condições de baixa velocidade do vento (menores que 3,0m/s). Foram registradas apenas as aves que estavam vocalizando sozinhas em seus territórios, para evitar os efeitos das interações sociais nas características da vocalização (SEARCY e BEECHER, 2009). Os arquivos digitais foram padronizados por meio do programa Adobe Audition CC 2015 (Adobe Inc. 2015), utilizando uma taxa de conversão de 44.100Hz e 16 bits.

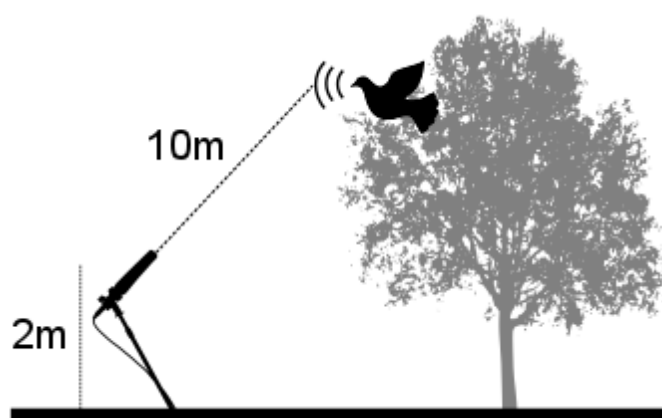


Figura 7- Representação do método de gravação dos indivíduos.

As gravações foram realizadas apenas com contato visual direto da ave para garantir que apenas um indivíduo seja amostrado por gravação. As coordenadas geográficas dos poleiros em que os indivíduos vocalizaram foram registradas por meio do GPS Garmin eTrex 20. A distância mínima entre cada indivíduo gravado foi de 50m, reduzindo a possibilidade de regravar os mesmos indivíduos.

3.4. Parâmetros Ambientais

As características ambientais também foram registradas no momento das gravações: a umidade relativa do ar (%), a temperatura (°C), a velocidade do vento (m/s), e o nível de pressão sonora do ruído (dB) através do medidor ambiental EXTECH EN300. Foram coletados os índices de ruído que gerou os níveis médio correspondente a área onde os grupos A, B e C foram coletados. As medições das variáveis ambientais ocorreram com o equipamento posicionado a dois metros de altura com relação ao solo e apontado para a direção norte. Estas variáveis ambientais foram medidas após a coleta de cada vocalização. Para que não haja

influência da densidade vegetal na medição das variáveis, essas foram realizadas em área aberta sem cobertura vegetal.

3.5. Variáveis Acústicas

Para a medição das variáveis acústicas foram analisados os Oscilogramas e os espectros de amplitudes relativas às frequências de cada vocalização, utilizando um limite de -15dB (resolução = 1.024bits, janela Hanning) com relação ao harmônico que apresenta o pico de frequência. Este limite foi estipulado para evitar os efeitos das bandas de ruído ambiental, já que ele se concentra nas faixas de frequência mais baixas (SLABBEKOORN e SMITH, 2002). Foram medidos os motivos de todas as vocalizações do arquivo sonoro, começando a partir do elemento introdutório.

Por meio do Oscilograma foram extraídas três variáveis temporais: duração da primeira sílaba (T1, em segundos), duração da segunda sílaba (T2, em segundos) e duração da terceira sílaba (T3, em segundos). Dos espectros de amplitude foram extraídas mais três variáveis espectrais: frequência de pico da primeira sílaba (F1, em kHz), frequência de pico da segunda sílaba (F2, em kHz) e frequência de pico da terceira sílaba (F3, em kHz) (figura 8).

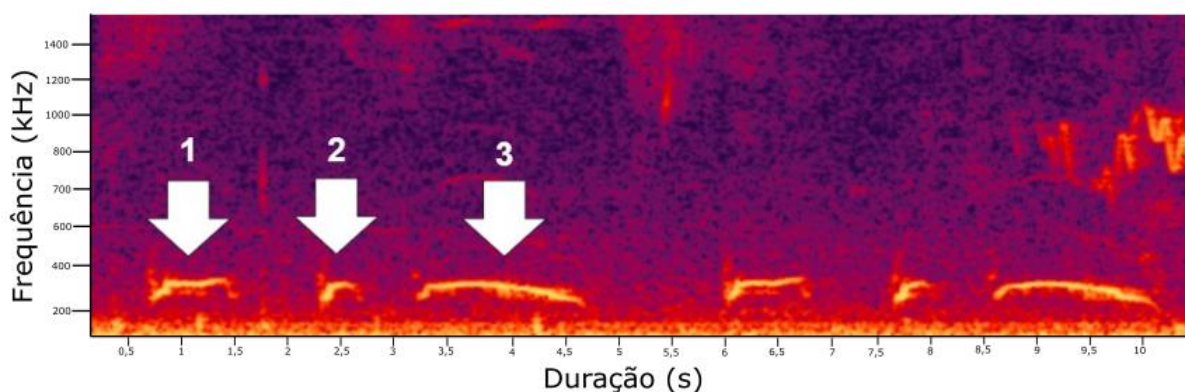


Figura 8- Espectrograma da vocalização da *Patagioenas picazuro*. Com destaque para as três sílabas analisadas. Fonte: Autor

3.6. Análise de dados

Para analisar a naturalidade dos dados amostrados foi efetuado teste de normalidade Shapiro-Wilk. Conforme a não-normalidade dos dados, a comparação entre as áreas foi realizada por meio de uma Análise Permutacional de Variância (PERMANOVA); em tal análise os grupos foram comparados a fim de inferir ou não se estes são diferentes entre si realizando uma comparação aos pares.

Foi realizado um teste de Kruskal-Wallis, teste não-paramétrico utilizado na comparação de três ou mais amostras independentes, do qual extraímos quais as variáveis são diferentes em cada grupo A, B e C. Para entender o comportamento das variáveis entre os grupos, foram gerados boxplots (Figuras 10, 11 e 12).

Posteriormente utilizou-se Modelos Lineares Generalizados, os quais servem para verificar quais variáveis preditoras podem influenciar as respostas a partir de modelos (Tabela 5). Para isso, construiu-se modelos lineares generalizados (família = gaussiana / link = identidade) para verificar se as distribuições da atenuação e do ruído podem impactar na distribuição das variáveis vocais, utilizando as características ambientais medidas como preditoras e cada uma das variáveis vocais como dependentes. Para verificar qual modelo é mais relevante, utilizou-se um critério que se baseia na teoria da informação. Utilizou-se o critério de informação de Aikake (AICc), que ranqueia os modelos de acordo com a proporção de variância explicada pelo modelo. Quando compara-se dois ou mais modelos, pode-se fazer uma inferência comparando-se os dois AICc. Isso cria um parâmetro ($\Delta AICc$) que pode ser utilizado para definir em quais dos modelos há menor perda de informação. Aquele que tiver $\Delta AICc = 0$ é o modelo que explica melhor a variação nos dados. Foi feita uma regressão linear para explicar a natureza comportamental desses modelos (Figuras 13 a 24).

Por fim, para verificar se existem diferenças entre os grupos atribuídos (A / B / C) e grupos preditos pelas variáveis vocais, realizou-se uma análise de função discriminante (DFA). Ela permite agrupar os dados com base nas suas características vocais e verificar se o grupo proposto é semelhante ou não aos originais no total em porcentagem.

RESULTADOS

Foi registrado um total de 55 indivíduos nos três grupos amostrados A, B e C, sendo 20 indivíduos próximos à rodovia (grupo A), 15 distantes da rodovia (grupo B) e 20 na Estação Ecológica de Caetetus (grupo C). No total foram analisadas 386 vocalizações de *P. picazuro*. Os parâmetros e médias dos dados coletados de frequência, tempo, atenuação e ruído estão descritos no anexo (Anexo 1 a 3).

A maior média de ruído sonoro ocorreu na região próxima a rodovia (Tabela 1) (grupo A), como era esperado devido à maior atividade antrópica no local. A segunda área em nível de ruído foi a distante da rodovia, grupo B, tendo uma baixa, porém ainda existente atividade humana; o grupo que apresentou o menor índice de ruído foi o amostrado na Estação Ecológica de Caetetus (grupo C).

Tabela 1- Média do ruído em cada um dos grupos analisados, Grupo A e B, Região de Bauru -SP e Grupo C-EECa- Gália-SP.

Média ruído	
A	44,894 dB
B	38,825 dB
C	31,589 dB

Verificamos a partir do teste de Shapiro-Wilk que as variáveis T2, Pico2, Max2 e Max3 não apresentaram normalidade

A análise das características ambientais dos grupos se mostrou eficiente no parâmetro de diferenciação vocal entre indivíduos dos grupos A B e C (Figura 9) a partir da PERMANOVA, confirmando as hipóteses de que os grupos se diferenciam entre si, com a maior diferença entre os grupos sendo entre o grupo A e o Grupo C, que por características ambientais são os que mais se diferem entre si.

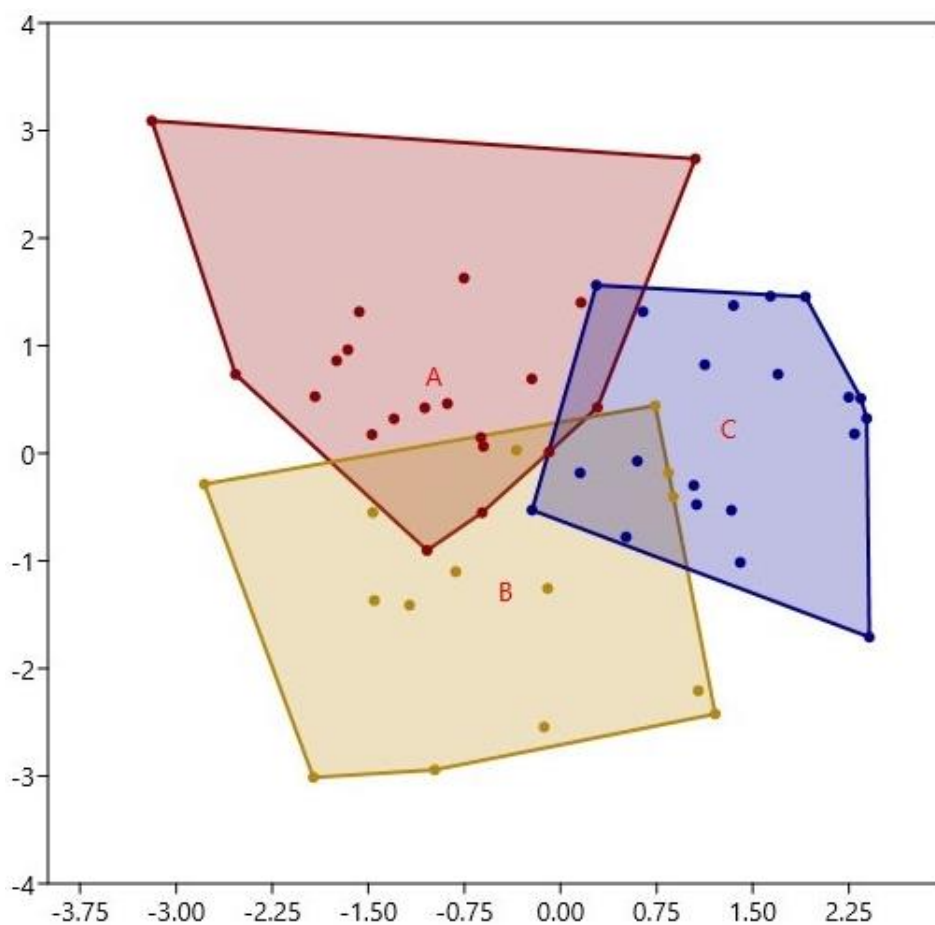


Figura 9- Análise Permutacional de Variância (PERMANOVA) Indicando a diferenciação entre os grupos A, B e C.

O teste de Kruskal-Wallis, (Tabela 2) indicou que as variáveis temporais são as que mais são influenciadas pela divisão entre os grupos A, B e C. T1, T2, Pico2, T3 estão dentre os critérios de análise escolhidos, os que mostraram diferença entre os três grupos analisados, confirmando a hipótese de diferenciação entre as áreas (Tabela 2).

As variáveis temporais T1, T2 tem seu valor (em segundos) maior na zona mais ruidosa, grupo A (figura 10 e 11). T3, tem sua duração maior na zona de ruído intermediário, grupo B, (figura 12)

Tabela 2- Teste de Kruskal-Wallis; Usado para verificar quais variáveis são diferentes entre os grupos (destacadas).

Variável	χ^2	p
T1	8,978	0,011
Min1	1,625	0,443
Pico1	1,513	0,496
Max1	0,305	0,858
T2	14,074	0,001
Min2	2,536	0,242
Pico2	6,429	0,040
Max2	1,716	0,423
T3	11,652	0,002
Min3	4,042	0,132
Pico3	5,269	0,071
Max3	2,092	0,230

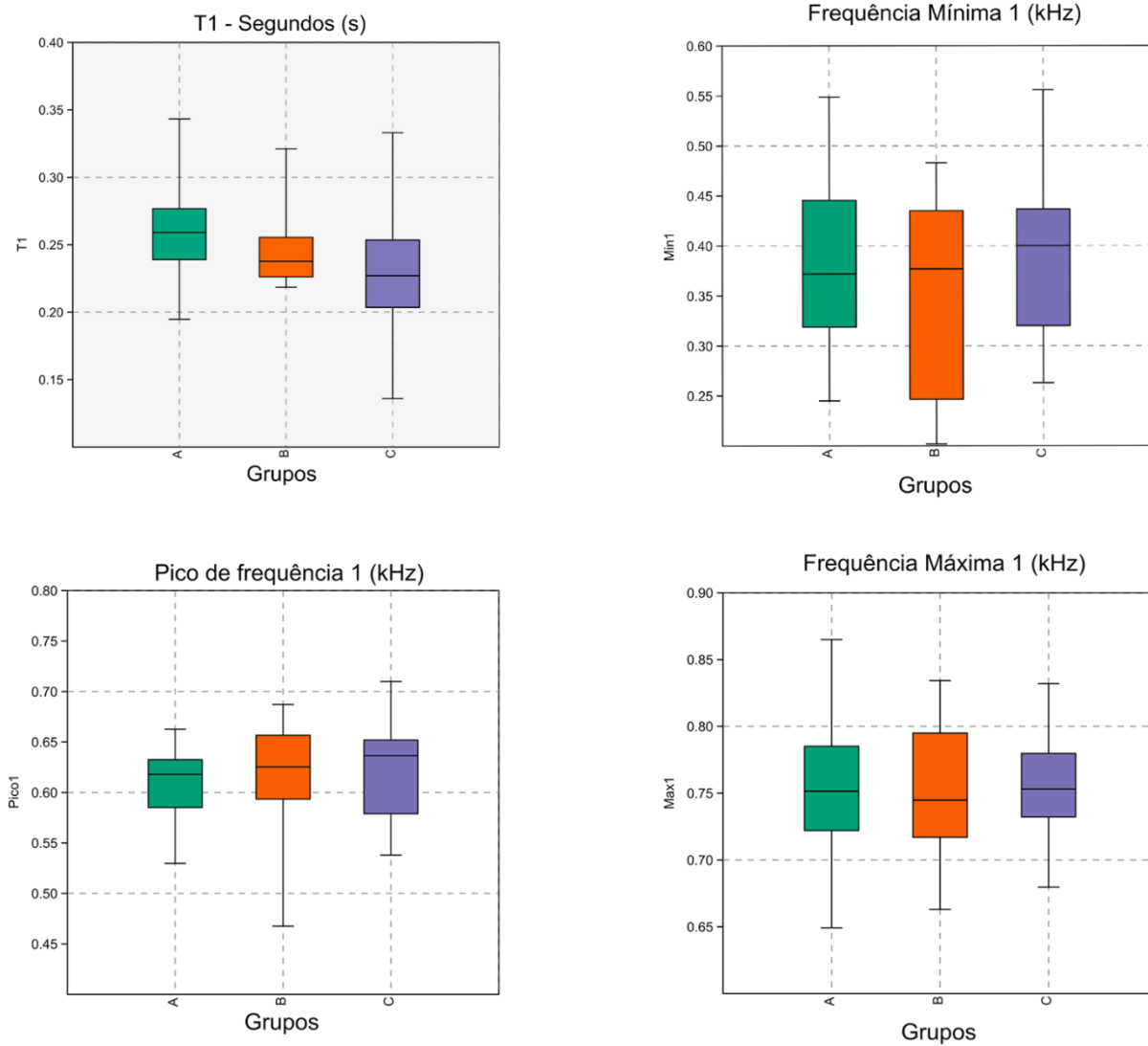


Figura 10- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T1, Min1, Pico1, Max1. Em destaque variável que apresenta diferença entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.

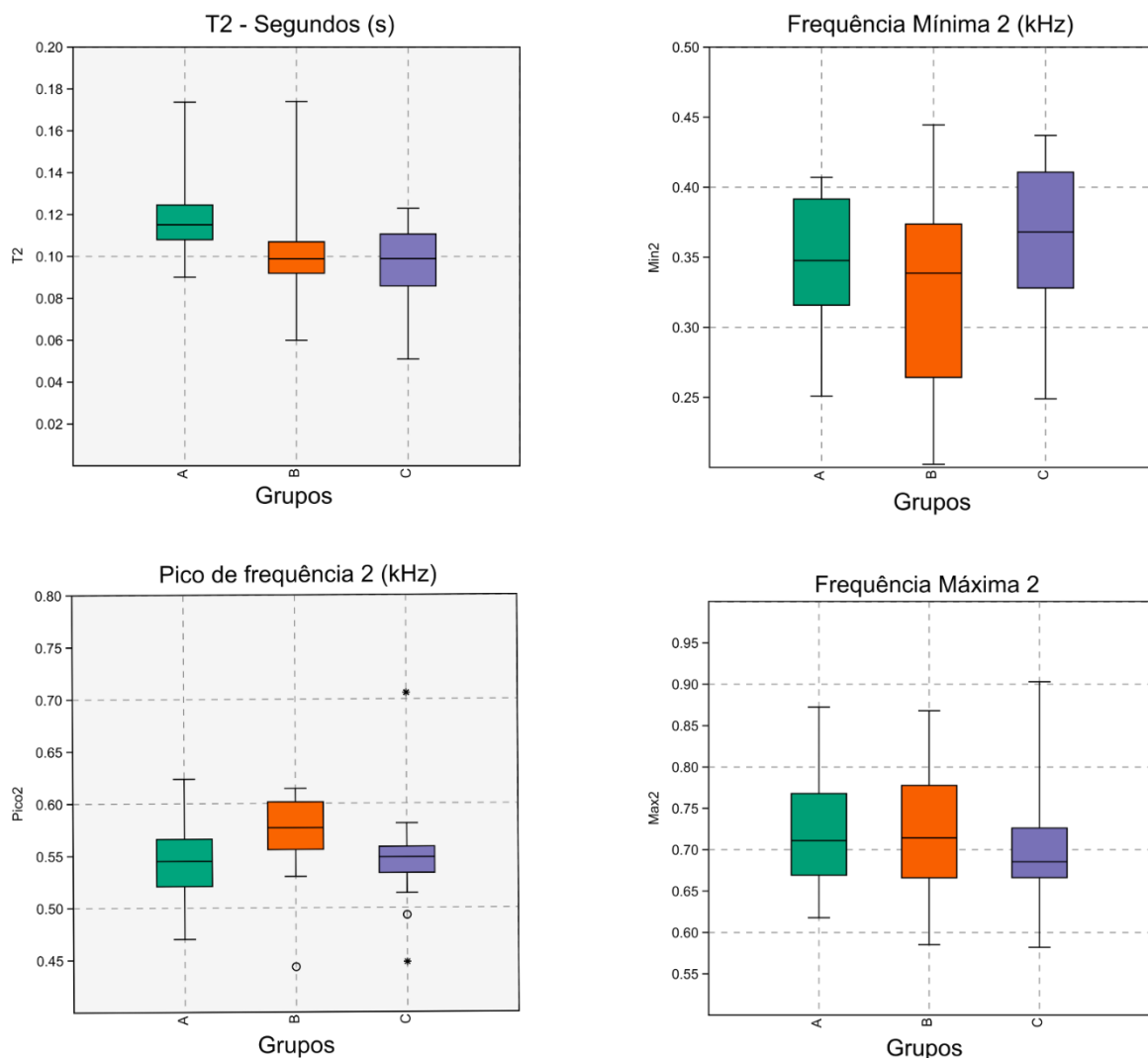


Figura 11- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T2, Min2, Pico2, Max2. Em destaque variáveis que apresentam diferenças entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.

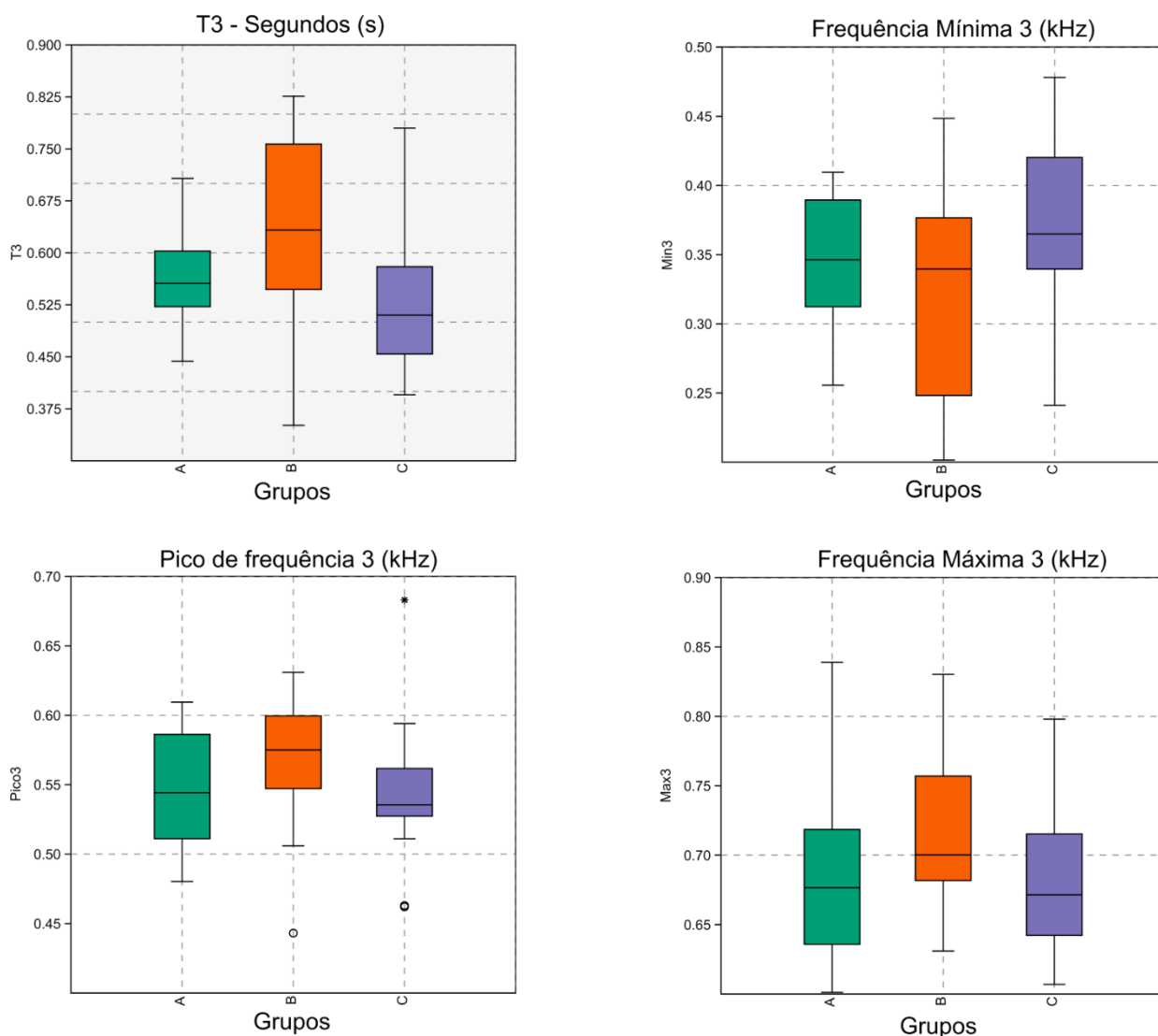


Figura 12- Boxplot das medidas escolhidas para análise na vocalização - T3, Min3, Pico3, Max3. Em destaque variável que apresenta diferença entre os grupos, indicado pelo Teste de Kruskal-Wallis.

Verificamos no teste de Modelos Lineares generalizados (Tabela 3) que para T1, T2, Max 2, T3 e Min3, o modelo de atenuação foi o que melhor explicou o comportamento. Para Pico 1, Pico 2 e Pico3, a interação entre ruído e atenuação foi o melhor modelo. Já para Min1, Min2 e Max3, nenhum dos modelos testados foi o melhor para explicar sua variação, visto que o $\Delta AICc$ do Intercepto (modelo nulo) foi o mais relevante e com menor perda de informação.

As figuras 13 a 24, ilustram em uma regressão linear a natureza comportamental dos dados, onde foi evidenciado que as variáveis Max 1, Max 2 e Max 3 tem sua frequência (kHz) diretamente proporcional ao ruído. As variáveis T1 e T2 tem a sua duração (segundos) diretamente proporcional ao aumento do ruído, confirmando a hipótese de influência do ruído na vocalização dos indivíduos.

Tabela 3- Modelos Lineares Generalizados. Em destaque o modelo mais relevante e com menor perda de informação. Var – Variável; I- Intercepto; Rui – Ruído; Aten – Atenuação; Rui*Aten – Ruído x Atenuação;; AICc - critério de informação de Aikake;

Var	Modelo	I	Rui.	Aten	Rui*Aten	G. L	AICc	Δ AICc	Wi -
T1	I + ATEN	0,328	-	-0,261	-	3	-205,004	0,000	0,337
	I + RUI	0,183	0,002	-	-	3	-204,765	0,240	0,299
	I + RUI + ATEN	0,263	0,001	-0,159	-	4	-203,296	1,708	0,143
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,529	-0,007	-1,013	0,025	5	-202,380	2,624	0,091
	I	0,244	-	-	-	2	-202,177	2,827	0,082
	I + RUI*ATEN	0,197	-	-	0,004	3	-201,129	3,875	0,049
Min1	I	0,375	-	-	-	2	-113,556	0,000	0,290
	I + RUI	0,467	-0,002	-	-	3	-113,455	0,101	0,276
	I + RUI + ATEN	0,476	-	-	-0,008	3	-112,397	1,159	0,162
	I + ATEN	0,290	-	0,266	-	3	-112,325	1,231	0,157
	I + RUI*ATEN	0,494	-0,003	-0,055	-	4	-111,145	2,411	0,087
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,716	-0,009	-0,767	0,020	5	-108,915	4,642	0,028
Pico1	I + RUI*ATEN	0,705	-	-	-0,007	3	-189,472	0,000	0,347
	I + RUI	0,665	-0,001	-	-	3	-188,541	0,931	0,218
	I	0,616	-	-	-	2	-188,398	1,075	0,203
	I + RUI + ATEN	0,774	-0,002	-0,216	-	4	-187,392	2,080	0,123
	I + ATEN	0,597	-	0,061	-	3	-186,363	3,109	0,073
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,787	-0,003	-0,259	0,001	5	-184,970	4,502	0,037
Max1	I	0,753	-	-	-	2	-176,243	0,000	0,400
	I + RUI	0,722	0,001	-	-	3	-174,739	1,504	0,189
	I + ATEN	0,784	-	-0,096	-	3	-174,415	1,827	0,160
	I + RUI*ATEN	0,734	-	-	0,002	3	-174,127	2,116	0,139
	I + RUI + ATEN	0,722	0,001	0,001	-	4	-172,409	3,833	0,059
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,297	0,013	1,366	-0,039	5	-172,199	4,043	0,053
T2	I + ATEN	0,152	-	-0,144	-	3	-262,706	0,000	0,353

	I + RUI	0,072	0,001	-	-	3	-262,320	0,387	0,291
	I + RUI + ATEN	0,119	0,000	-0,093	-	4	-260,824	1,883	0,138
	I	0,105	-	-	-	2	-260,519	2,187	0,118
	I + RUI*ATEN	0,084	-	-	0,002	3	-258,999	3,707	0,055
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,178	-0,001	-0,282	0,005	5	-258,607	4,099	0,045
Min2	I	0,375	-	-	-	2	-113,556	0,000	0,290
	I + RUI	0,467	-0,002	-	-	3	-113,455	0,101	0,276
	I + RUI*ATEN	0,476	-	-	-0,008	3	-112,397	1,159	0,162
	I + ATEN	0,290	-	0,266	-	3	-112,325	1,231	0,157
	I + RUI + ATEN	0,494	-0,003	-0,055	-	4	-111,145	2,411	0,087
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,716	-0,009	-0,767	0,020	5	-108,915	4,642	0,028
Pico2	I + RUI*ATEN	0,688	-	-	-0,011	3	-193,281	0,000	0,522
	I + RUI + ATEN	0,863	-0,004	-0,537	-	4	-192,273	1,008	0,315
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,864	-0,004	-0,539	0,000	5	-189,849	3,432	0,094
	I	0,553	-	-	-	2	-187,688	5,593	0,032
	I + RUI	0,595	-0,001	-	-	3	-187,093	6,188	0,024
	I + ATEN	0,586	-	-0,103	-	3	-186,032	7,249	0,014
Max2	I + ATEN	0,855	-	-0,441	-	3	-134,506	0,000	0,410
	I	0,714	-	-	-	2	-132,700	1,806	0,166
	I + RUI + ATEN	0,937	-0,001	-0,569	-	4	-132,450	2,056	0,147
	I + RUI	0,652	0,002	-	-	3	-131,808	2,698	0,106
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,388	0,014	1,194	-0,051	5	-131,806	2,700	0,106
	I + RUI*ATEN	0,761	-	-	-0,004	3	-130,792	3,714	0,064
T3	I + ATEN	0,806	-	-0,736	-	3	-87,664	0,000	0,338
	I + RUI + ATEN	1,129	-0,004	-1,241	-	4	-87,168	0,497	0,264
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	2,012	-0,029	-4,077	0,082	5	-86,769	0,895	0,216
	I	0,570	-	-	-	2	-85,127	2,537	0,095
	I + ATEN	0,683	-	-	-0,009	3	-83,687	3,977	0,046
	I + RUI	0,508	0,002	-	-	3	-83,472	4,193	0,042

Min3	I + ATEN	0,222	-	0,393	-	3	-150,680	0,000	0,390
	I + RUI	0,431	-0,002	-	-	3	-149,732	0,948	0,242
	I	0,348	-	-	-	2	-148,618	2,062	0,139
	I + RUI + ATEN	0,280	-0,001	0,301	-	4	-148,537	2,143	0,133
	I + RUI*ATEN	0,390	-	-	-0,003	3	-146,733	3,947	0,054
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,177	0,002	0,632	-0,010	5	-146,195	4,485	0,041
Pico3	I + RUI*ATEN	0,630	-	-	-0,007	3	-184,488	0,000	0,312
	I	0,551	-	-	-	2	-184,248	0,240	0,276
	I + RUI + ATEN	0,748	-0,002	-0,365	-	4	-182,936	1,553	0,143
	I + ATEN	0,587	-	-0,112	-	3	-182,656	1,832	0,125
	I + RUI	0,565	0,000	-	-	3	-182,203	2,285	0,099
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,665	0,000	-0,098	-0,008	5	-180,612	3,876	0,045
Max3	I	0,695	-	-	-	2	-148,978	0,000	0,332
	I + ATEN	0,779	-	-0,263	-	3	-148,637	0,341	0,280
	I + RUI	0,661	0,001	-	-	3	-147,276	1,702	0,142
	I + RUI*ATEN	0,724	-	-	-0,002	3	-146,908	2,070	0,118
	I + RUI + ATEN	0,842	-0,001	-0,362	-	4	-146,518	2,460	0,097
	I + RUI + ATEN + RUI*ATEN	0,705	0,003	0,079	-0,013	5	-144,235	4,743	0,031

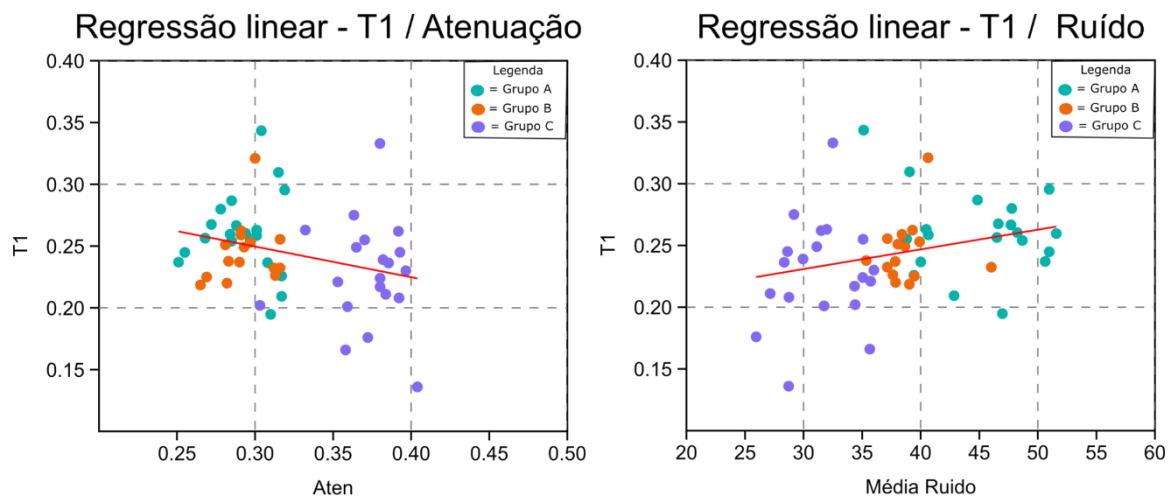


Figura 13- Regressão Linear T1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

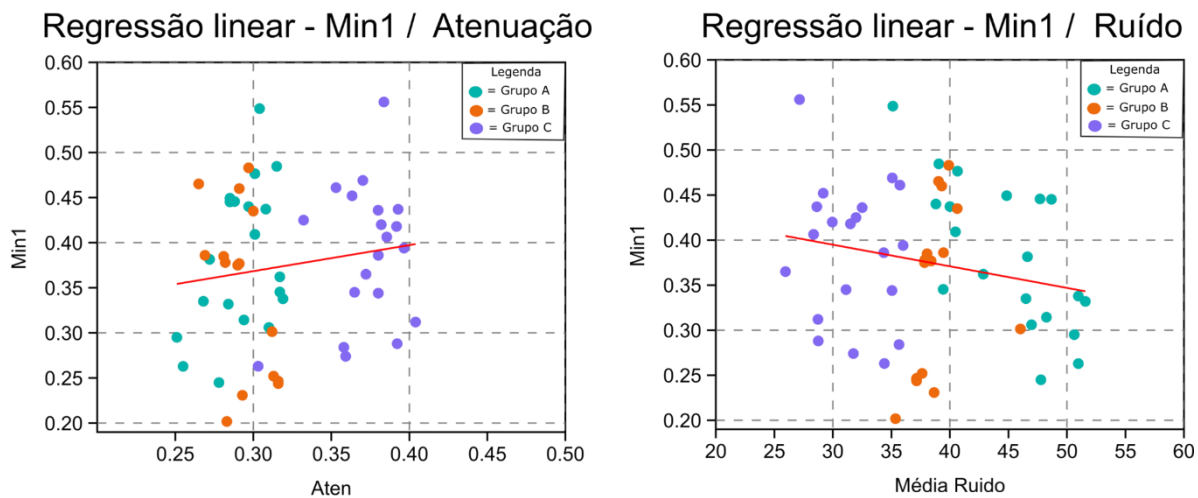


Figura 14- Regressão Linear Min1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

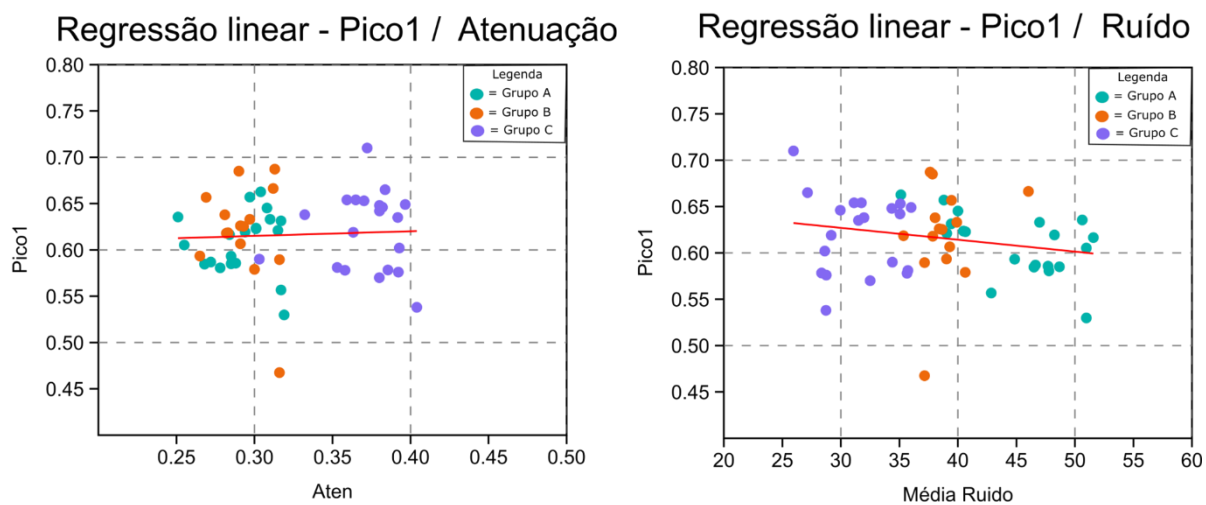


Figura 15- Regressão Linear Pico1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

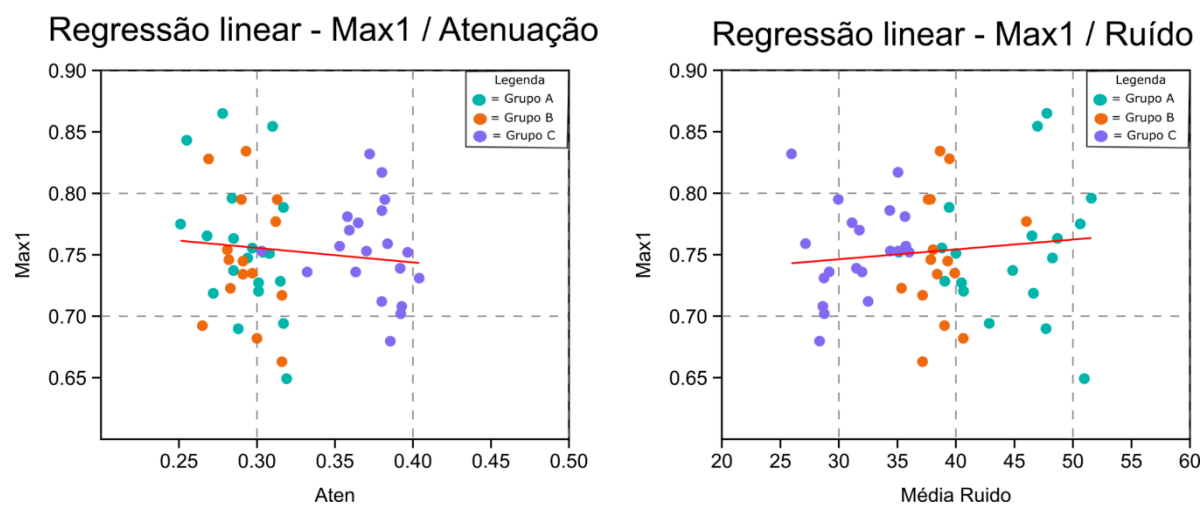


Figura 16- Regressão Linear Max1. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

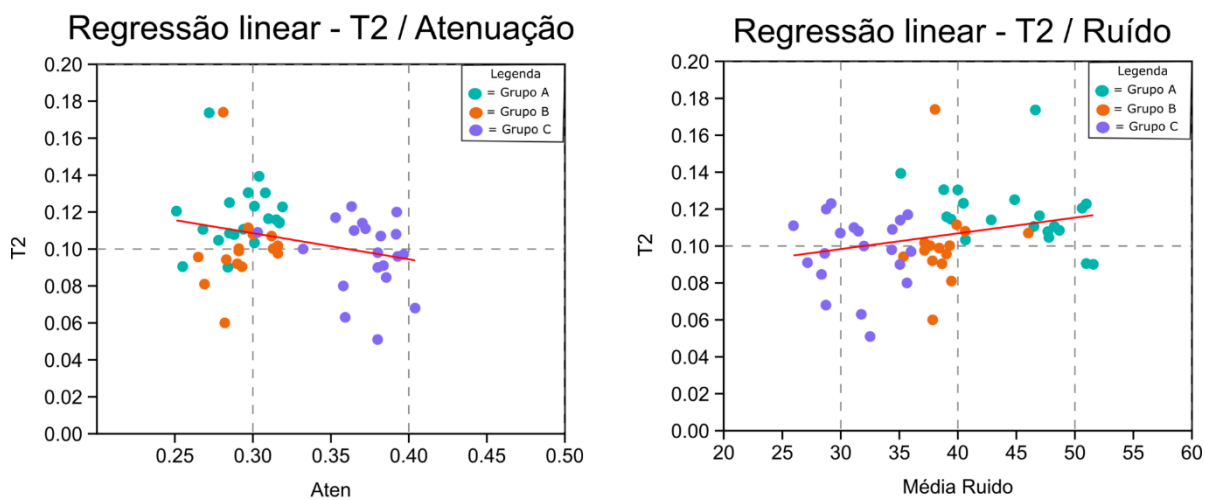


Figura 17- Regressão Linear T2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

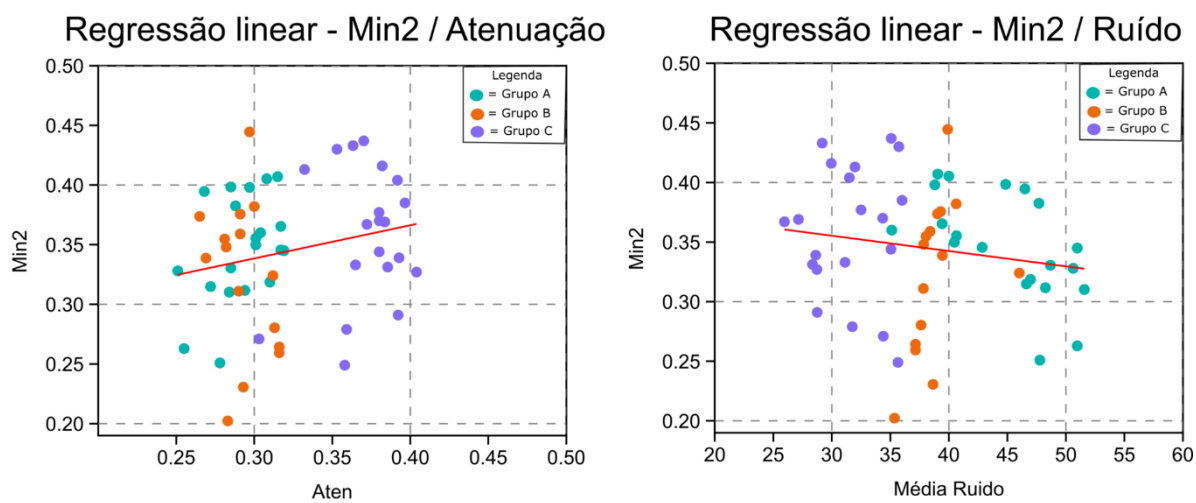


Figura 18- Regressão Linear Min2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

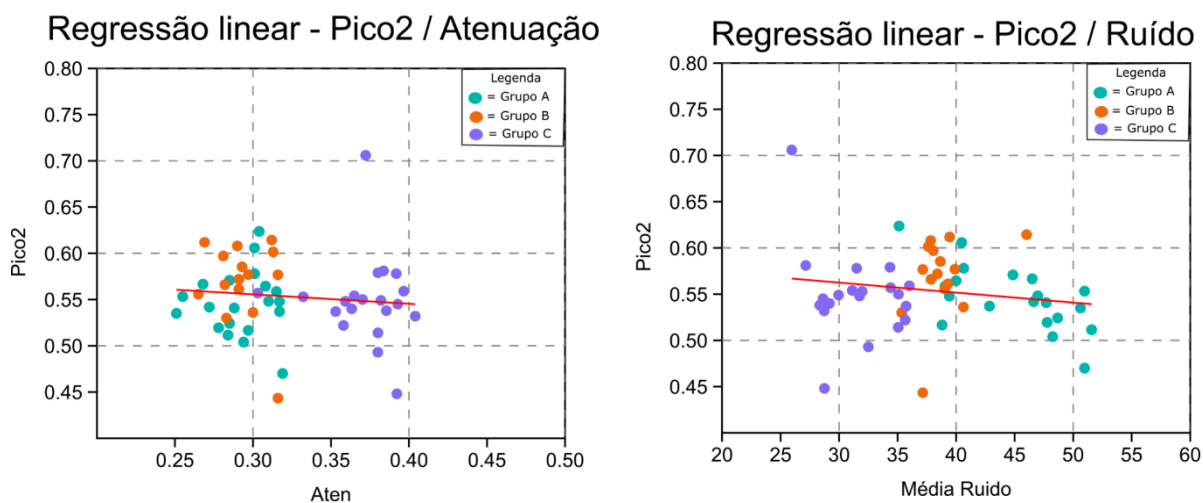


Figura 19- Regressão Linear Pico2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

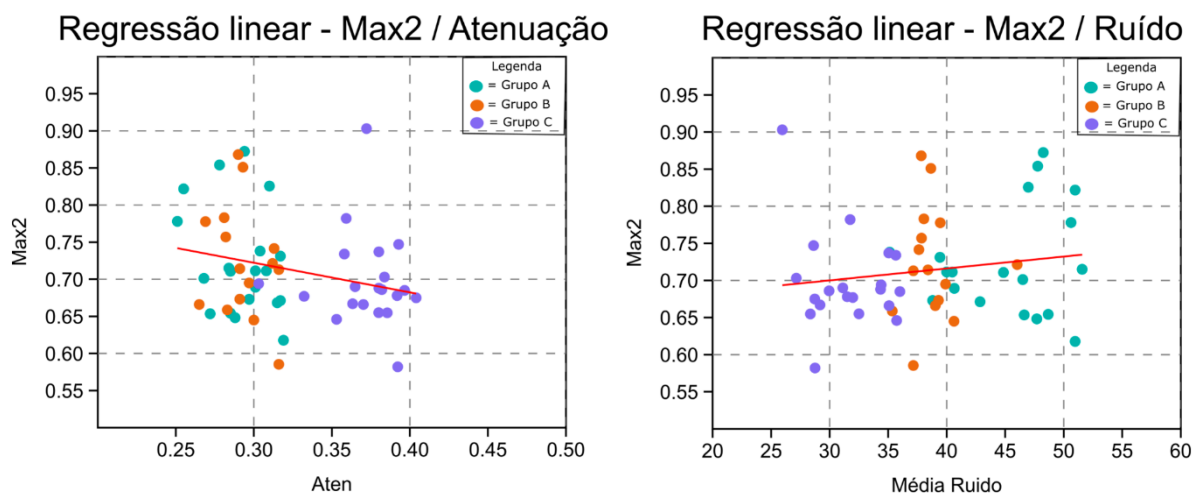


Figura 20- Regressão Linear Max2. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

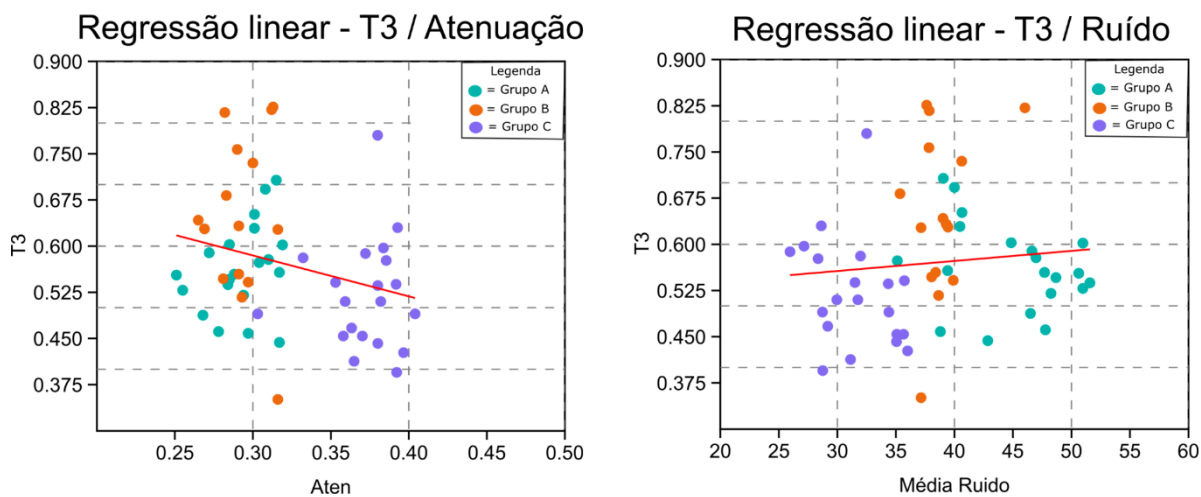


Figura 21- Regressão Linear T3. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

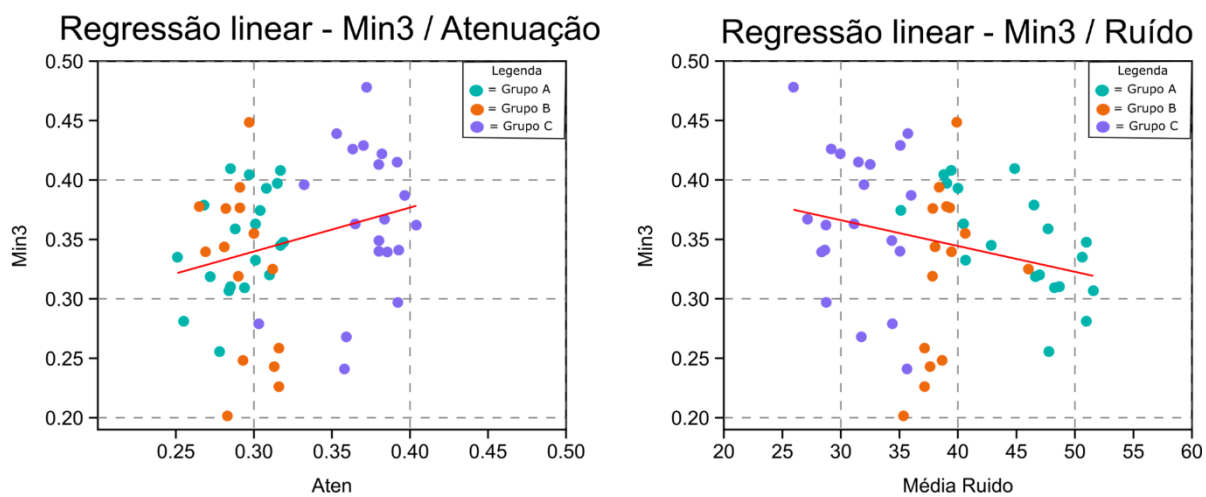


Figura 22- Regressão Linear Min3. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

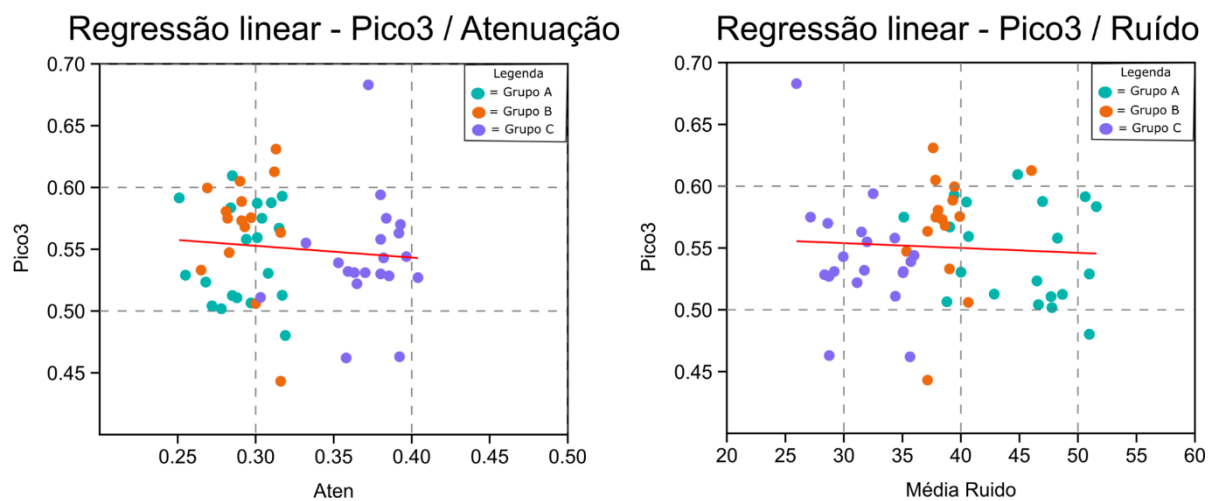


Figura 23- Regressão Linear Pico3. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

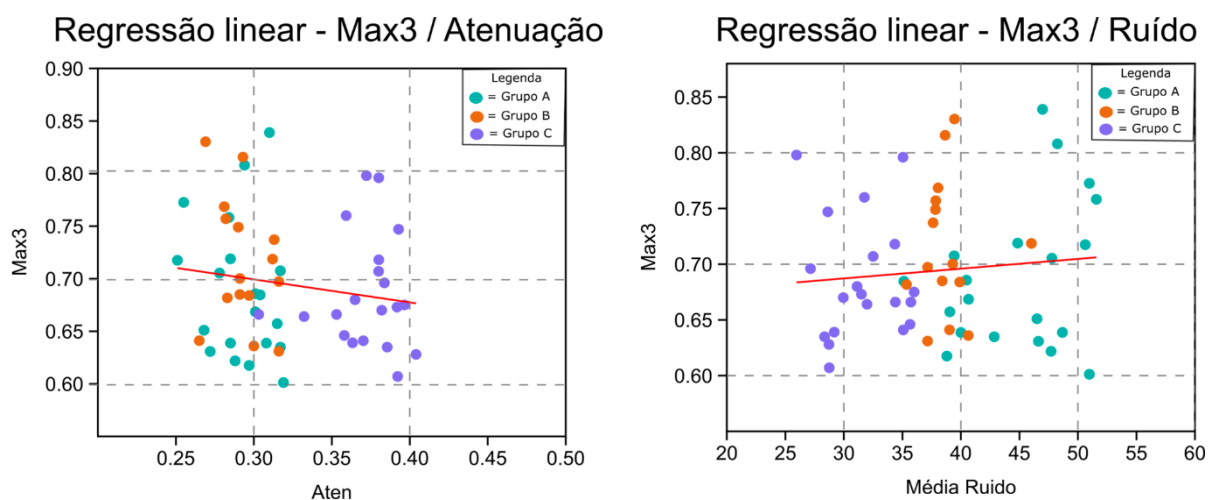


Figura 24- Regressão Linear Max3. Indicando o comportamento das variáveis predictoras (atenuação e ruído), com a variável resposta.

Verificamos a partir da análise de função discriminante (DFA) (Tabela 4) que 78,2% das amostras coletadas foram classificadas corretamente, sendo os principais erros de classificação ocorrem no grupo B, reforçando a idéia de um intermediário entre as duas áreas com maior discrepância de ruído (A e C).

Tabela 4- Análise de função discriminante, classificando a amostra predita a partir das variáveis vocais, em destaque maior similaridade entre os grupos preditos e os originais.

		Grupos Preditos		
		A	B	C
Grupos Originais	A	80	10	10
	B	14	66	20
	C	5	10	85

DISCUSSÃO

As três áreas amostrais mostraram ter características próprias para o estudo de comparação na relação entre o ruído do ambiente com os indivíduos residentes, o grupo A, coletado em zona urbana com suas características antropizadas, que podem impactar a fauna urbana de diferentes maneiras tais como, ruído ambiental, luz, destruição de habitat, entre outros, que podem afetar drasticamente as espécies locais (SENZAKI et al., 2020, LENIS, 2019, ORTEGA, 2012). O grupo B, mostrou-se como um intermediário entre as zonas urbanas densas com uma região de estação ecológica (grupo C), nesta foi observado uma baixa interferência sonora de origem antrópica, com exceções de ruídos provenientes de propriedades particulares no entorno da área amostral, predominando os ruídos biofônicos, que correspondem a sons produzidos pelos organismos vivos, nesse caso outras aves e insetos, e sons geofônicos, que tratam dos sons não biológicos como vento por exemplo. (PIERETTI, 2011; KRAUSE et al., 2003). Fato também confirmado pela análise de função discriminante (DFA), da qual agrupou os dados com uma alta porcentagem de amostragens corretas em cada grupo, indicando sua diferenciação bem definida.

Os indivíduos de *P. picazuro* localizados na região mais ruidosa, grupo amostral A mostraram uma vocalização mais longa, área essa próxima as rodovias, indicando que naquela região essa característica acústica do ambiente pode estar sendo um estressor e ao aumentar a duração da sua vocalização (T1 e T2) essas aves podem estar tentando suprimir esse fator

ambiental, visto que aves localizadas em ambientes com níveis altos de ruído apresentam vocalização mais longas (HAMAQ e WATANABE, 2011; GOUGH, 2014). Em comparação a este resultado, as vocalizações das aves que residem na área amostral do grupo C tiveram as menores durações(s), indicando que, pela análise entre ruído ambiental e duração de notas, as áreas onde possuem menor ruído têm vocalizações com durações menores. Dando força a essa evidência, a regressão linear evidenciou que as variáveis T1 e T2 tem sua duração diretamente proporcional ao aumento do ruído, confirmando a influência da variável preditora na variável resposta, indo em direção aos resultados observado em outros estudos de bioacústica (CATCHPOLE e SLATER, 2008).

Um dos objetivos do trabalho era determinar se o ruído ambiental influenciava na vocalização de *P. picazuro*, dito isso, o estudo indicou que o ruído ambiental é sim um fator que exerce uma pressão seletiva sobre os sinais acústicos, a regressão linear evidenciou nas variáveis Max1, Max2 e Max3 que conforme os níveis de ruído aumentam, as frequências o acompanham, indicando uma possível tentativa de fugir dessa zona de frequência para ter uma melhor comunicação. Porém, existe um limite morfológico para as frequências utilizadas por uma espécie (RYAN e BRENOWITZ, 1985; FLETCHER, 2004). Em ambientes urbanos, o ruído antropogênico pode mascarar o canto das aves, especialmente as notas que ocorrem em frequências mais baixas (0,5-2kHz), exatamente o que foi registrado para a grupo A. Constantes ruídos em uma banda de frequência, durante um período de tempo significativo, podem atuar como pressão seletiva sobre a evolução dos sinais acústicos. Usualmente, aves em ambientes ruidosos urbanos tendem a aumentar os seus valores de frequência (SLABBEKOORN e SMITH, 2002; PATRICELLI e BLICKLEY, 2006; ORTEGA, 2012, DIAS, 2013). Slabbekoorn e Peet (2003), observaram que machos de *Parus major* tendem a cantar com uma frequência mínima mais alta em áreas urbanas expostas a ruídos intensos de baixa frequência, do que indivíduos em áreas florestais.

A análise do Modelo Linear Generalizado mostrou que os índices Pico 1, Pico 2 e Pico 3 tiveram na interação entre ruído e atenuação, seu melhor modelo de explicação para a variação. Assim sendo, tal dado mostra como as duas variáveis não devem ser ignoradas e são relevantes para entender o comportamento vocal de um determinado indivíduo em uma localidade. Embora a atenuação das ondas sonoras seja uma característica natural de dispersão do som, ela pode ser agravada com o aumento da urbanização (MARCELO, 2006; LAROM et al. 1997).

A construção de prédios e grandes estruturas nas cidades, gera barreiras e obstáculos para as ondas sonoras, aumentando a degradação e atenuação do som, assim como causam

mudanças de microclimas e a intensidade da atenuação sonora em cada frequência varia de acordo com a temperatura e umidade; logo, alterações no clima local fazem com que esse fator influencie na vocalização nas zonas urbanas diferentes do que em uma região florestal por exemplo (CATCHPOLE e SLATER, 2008). A combinação da atenuação do ambiente na vocalização junto com o ruído ambiental causa um forte impacto, podendo ser desastroso na vocalização das espécies residentes, na maior parte das variáveis analisadas, o modelo combinado nos mostrou a atenuação e o ruído moldando as características vocais. Importante dado, pois em grande parte dos estudos a atenuação não é considerada por ser uma característica do som e como podemos observar ela é muito relevante para as espécies que utilizam do som para suas interações sociais. Essa combinação entre atenuação e ruído pode interferir na comunicação entre indivíduos (SLABBEKOORN, 2004) e são fortes interceptores e barreiras de sinal (CATCHPOLE e SLATER, 2008).

Existem outras formas de efetuar uma comunicação viável em ambientes desfavoráveis, visto que a espécie analisada está em constante expansão (WILLIS 1987; PROVINCATO e PIZO, 2014); e não eram raras em ambientes ruidosos, outras possibilidades para realizar sua comunicação podem estar sendo empregadas. Brumm (2014) verificou que quando o ruído é intenso, algumas aves aumentam a amplitude de suas vocalizações para elevar suas chances de transmissão sonora (POTASH, 1972; MANABE, et al 1998; MARLER e SLABBEKOORN, 2004), e de evitar o mascaramento sonoro, possibilitando ser mais efetivo na sua comunicação para suas funções vitais como reprodução, definição de território e alertas. Foi exatamente o que foi também observado nesse trabalho.

Os receptores do sinal pagam altos custos energéticos ao avaliar os sinais emitidos (DAWKINS e GUILFORD 1991), e se o mesmo for muito custoso para o receptor ele pode optar por opções menos confiáveis e sendo assim estar aberto a desvantagens na sua atividade reprodutiva. Columbídeos possuem uma alta sensibilidade auditiva a frequências baixas (QUINE, 1978), apesar disso a degradação das suas características sonoras pelo ruído humano, que também predomina em baixas frequências (BRADBURY e VEHRENCAMP, 2011; e SLABBEKORN e PEET 2003), pode impedir que eles sejam detectados por outros indivíduos, causando um grande impacto na sua sobrevivência nos locais ruidosos. Schroeder et al. (2012), mostrou que indivíduos de *Passer domesticus* expostos a altos níveis de ruído urbano produziram menores ninhadas e com ninhegos de menor massa corporal. Além disso, os autores observaram que a fêmea levou menos comida para o ninho, o que pode significar que o ruído mascarou a comunicação entre ninhegos e pais. Lenis (2019) confirmou com seu trabalho que a poluição sonora interfere na comunicação intraespecífica de *Pitangus sulphuratus*, afetando

o comportamento territorial. O mesmo foi constatado com *P. picazuro* a qual pode alterar suas características reprodutivas para facilitar a comunicação entre os indivíduos da mesma espécie em locais ruidosos.

A malha rodoviária sendo uma das principais vias de escoamento da produção nacional, contém um tráfego intenso, ruidoso, muitas vezes mal estruturado e que continua a aumentar (BARBER et al., 2010). Regiões de intensa atividade econômica, como o estado de São Paulo, demandam uma expansão da malha de transportes terrestres. O sistema rodoviário do estado é o maior do país, constituindo 11% da malha pavimentada (DNIT, 2013). Com o crescimento do sistema, cresce também o tráfego de veículos e, por consequência, o ruído gerado por este intenso tráfego. Isso influencia no modo de vida das populações animais do entorno destas rodovias. Aves que dependam da vocalização como mediadora social e que se situem próximo a rodovias sofreriam efeitos do mascaramento sonoro (NEMETH et al., 2013; SWADDLE et al., 2015), o que poderia diminuir seu sucesso reprodutivo (KIGHT et al., 2012) e com um potencial de diminuição significativa na densidade de aves próximas ao ruído urbano de tráfego (MARLER e SLABBERKOORN, 2004; REIJNEN et al. 1995, 1997; FRANCIS et al. 2009). Além de possíveis deformações na vocalização das que se mantêm no ambiente ruidoso (IL'ICHEV et al. 1995). A sua correlação com os dados coletados das vocalizações nesse estudo são importantes argumentos para que perante a construção de rodovias e construções, deva atentar-se a realizar estudos locais com profissionais com respaldo ambiental para minimizar os impactos causados na região onde será inserida, e enfatizam a necessidade de considerar os poluentes sensoriais, ao lado das dimensões tradicionais do ambiente que normalmente informam a conservação da biodiversidade local, como em levantamentos, licenciamentos, obras e outras atividades antrópicas que possam criar uma pressão no ambiente local.

CONCLUSÃO

Confirmou-se a diferença na estrutura vocal entre os indivíduos situados nas diferentes áreas onde os grupos A, B e C foram amostrados. O estudo evidenciou que os indivíduos de *P. picazuro* aumentam a duração de suas notas em uma região ruidosa e tem sua relação diretamente proporcional, quanto maior o ruído maior a duração da sua vocalização.

A frequência da vocalização também foi influenciada pelo ruído ambiental onde as variáveis vocais tem sua frequência diretamente proporcional ao aumento do ruído.

A interação entre atenuação e ruído mostrou-se crucial para entender o comportamento das variáveis nas três áreas analisadas, Grupo A, B e C evidenciando a influência do ambiente em suas vocalizações.

REFERÊNCIAS

ALCOCK, J. **Animal behavior: an evolutionary approach**. 10^a ed, Sunderland: Sinauer Associates, 1989.

ALLISON, S. et al. Traffic noise exposure alters nestling physiology and telomere attrition through direct, but not maternal, effects in a free-living bird. **General and Comparative Endocrinology**, v. 276, p. 14-21, February, 2019.

ARAÚJO, C. B.; FURTADO, S. N. M.; VIEIRA, G. H. C.; SIMÕES, C. R. O nicho acústico: integrando a física, ecologia e teoria da comunicação. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 4, p. 762-769. Dezembro, 2020.

AYLOR, D. Noise reduction by vegetation and ground. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 51, n. 1, p.197-205, March, 1971.

BAPTISTA, L. F.; TRAIL, P. W.; HORBLIT, H. M.; BOESMAN, P. Picazuro Pigeon (Patagioenas picazuro). **Handbook of the Birds of the World Alive**. Lynx Edicions, Barcelona, 2018.

BARBER, J. R.; CROOKS, K. R.; FRISTRUP, K. M.; 2010. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends Ecol. Evol.** 25, p. 180–189, 2009.

BARBOSA, K. V. C.; KNOGGE, C.; DEVELEY, P. F.; JENKINS, C. N.; UEZU, A. Use of small Atlantic Forest fragments by birds in Southeast Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, p. 42–46, 2017.

BOWLING, D.; GARCIA, M.; DUNN, J. et al. Body size and vocalization in primates and carnivores. **Sci Rep**, v. 7, 2017.

BRACKENBURY, J. H. Power Capabilities of the Avian Sound-Producing System. **The Journal of Experimental Biology**, v. 78, n. 1, p. 163-166, 1979.

BRADBURY, J. W.; VEHCENCAMP, S. L. **Principles of Animal Communication**. 2^a ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2011.

BRUMM, H. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 434-440, 2004.

BRUMM, H.; SLATER, P. J. B. Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Berlin, v. 60, n. 4, p. 475-481, 2006.

CARTWRIGHT, L. A.; TAYLOR, D. R.; WILSON, D. R.; CHOW-FRASER, P. Urban noise affects song structure and daily patterns of song production in Red-winged Blackbirds (*Agelaius phoeniceus*). **Urban Ecosystems**, Dordrecht, v. 17, n. 2, p. 561-572, 2014.

CATCHPOLE, C. K.; SLATER, P. J. B. **Bird Song: Biological Themes and Variations**. 2^a Ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

- CAVASSAN, O; SILVA, P. G. P.; SENICIATO, T. O ensino de ciências, a biodiversidade e o cerrado. In: ARAUJO N. N. S. E; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (org). **Divulgação científica e ensino de ciências: estudos e experiência**. São Paulo: Escrituras, 2006.
- CAVASSAN, O. Bauru: Terra de Cerrado ou Floresta. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 46-54, 2013.
- CHACE, J. F.; WALSH, J. J. Urban effects on native avifauna: **A review. Landscape and Urban Planning**, v. 74, p. 46–69, 2006.
- DAWKINS, M. S.; GUILFORD, T. The corruption of honest signaling. **Animal Behaviour**, v. 41, p. 865-873, 1991.
- DIAS, A. F. S. **Competição por espaço acústico: adaptações de cantos de aves em uma zona de alta biodiversidade do Brasil Central**. Tese (Doutorado em Ecologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 87 p., 2013.
- DNIT. **Relatório dos levantamentos funcionais das rodovias federais**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Sistema de Gerenciamento de Pavimentos, 2013.
- FERNÁNDEZ-JURICIC E.; POSTON, R.; DE COLLIBUS, K.; MORGAN, T.; BASTAIN, B.; MARTIN, C.; JONES, K.; TREMINO, R. Microhabitat selection and singing behavior patterns of male house finches (*Carpodacus mexicanus*) in urban parks in a heavily urbanized landscape in the western U. S. **Urban Habitats**, Nova Iorque, v. 3, n. 1, p. 49-69, 2005.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **The Feynman Lectures on Physics: Mainly Mechanism, Radiation and Heat**. Addison Wesley 1963.
- FICKEN, R. W.; FICKEN, M. S.; HARTMAN, J. P. Temporal pattern shifts to avoids acoustic interference in singing birds, **Science**, v. 183, p. 762-763, 1974.
- FLETCHER, N. H. A simple frequency-scaling rule for animal communication. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 115, n. 5, p. 2334– 2338, 2004.
- FORREST, T., G. From sender to receiver: Propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**. v. 34, p. 644-654, 1994.
- FRANCIS, C. D.; ORTEGA, C. P.; CRUZ, A. Noise Pollution Changes Avian Communities and Species. **Current Biology**, v. 19, p. 1415-1419, 2009.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2011- 2012**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2013.
- GOODWIN, S. E., & SHRIVER, W. G. Effects of traffic noise on occupancy patterns of forest birds. **Conservation Biology**, v. 25, p. 406–411, 2011.
- GOUGH, D. C.; DANIEL, M. J.; NOL, E. Singing seaside: pacific wrens (*Troglodytes pacificus*) change their songs in the presence of natural and anthropogenic noise. **Wilson Journal of Ornithology**, Lawrence, v. 126, n. 2, p. 269-278, 2014.

- HALFWERK, W.; SLABBEKOORN, H. A behavioral mechanism explaining noise-dependent frequency use in urban birdsong. **Animal Behaviour**, Londres, v. 78, n. 6, p. 1301-1307, 2009.
- HAMAO, S.; WATANABE, M.; MORI, Y; Urban noise and male density affect songs in the great tit *Parus major*. **Ethology, Ecology and Evolution**, Firenze, v. 23, n. 2, p. 111-119, 2011.
- IBGE. **Censo geográfico de 2010: Mesorregiões, microrregiões, municípios, distritos, subdistritos e bairros**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- IL'ICHEV, V., D; KAMENSKII, I., I.; SILAEVA. O., L. Ecological and technogenous factors of noise pollution of natural habitats of birds. **Russian Journal of ecology**. v. 26, p. 345-348, 1995.
- ROCA, I. T.; DESROCHERS, L.; GIACOMAZZO, M.; BERTOLO, A. et al. Shifting song frequencies in response to anthropogenic noise: a meta-analysis on birds and anurans, **Behavioral Ecology**, v. 27, p. 1269–1274, September-October 2016.
- BARBOSA, K. V. C.; RODEWALD, A. D.; RIBEIRO, M. C.; JAHN, A. E. Noise level and water distance drive resident and migratory bird species richness within a Neotropical megacity. **Landscape and Urban Planning**, v. 197, 2020.
- KIGHT, C.R.; SAHA, M. S.; SWADDLE, J. P. Anthropogenic noise is associated with reductions in the productivity of breeding Eastern Bluebirds (*Sialia sialis*). **Ecological Applications**, v. 22, n. 7, p. 1989-1996, 2012.
- KRAUSE, B., BERNARD, L., GAGE, S. Testing Biophony as an Indicator of Habitat Fitness and Dynamics. Sequoia National Park (SEKI) **Natural Soundscape Vital Signs Pilot Program Report**, 2003.
- LADÉ, B. I.; THORPE, W. H. Dove songs as innately coded patterns of specific behavior. **Nature**, p. 366-368, 1964.
- LAROM, D. M.; GARSTANG, K.; PAYNE, R.; LINDEQUE, M. The influence of surface atmospheric conditions on the range and area reached by animal vocalizations. **Journal of Experimental Biology**, v. 200, p. 421–431, 1997.
- LENIS, P. R.; GUILHERME-FERREIRA, R. Effect of noise on behavioural response to simulated territorial intrusion in the Great Kiskadee (*Pitangus sulphuratus*) (Aves: Tyrannidae). **Urban Ecosystems**, 2019.
- LEON, E. J.; BELTZER, A. H.; OLGUIN, P. F.; REALES, C. F.; URICH, G. B.; ALESIO, V. CACCIABUÉ, C. G.; QUIROGA, M. A. Song structure of the golden-billed saltator (*Saltator aurantiirostris*) in the middle Parana river floodplain. **Bioacoustics**, Berkhamsted, v. 24, n. 2, p. 145-152, 2015.
- LOMBARD, E. Le signe de l'elevation de la voix. **Annales des maladies de l'oreille, du larynx, du nez et du pharynx**, v. 37, n. 2, p. 101-119, 1911.

LOSS, S. R.; RUIZ, M. O.; BRAUN, J. D. Relationships between avian diversity, neighborhood age, income, and environmental characteristics of an urban landscape. **Biological Conservation**, v. 142, p. 2578–2585, 2009.

LOWRY, H.; LILL, A.; WONG, B. B. M. Behavioural responses of wildlife to urban Environments. **Biological Reviews**, 2012.

MACGREGOR-FORS, I. Relation between habitat attributes and bird richness in a western Mexico suburb. **Landscape and Urban Planning**, v. 84, p. 92–98, 2008.

MANABE, K. E. I.; SADR, R. J.; DOOLING. Control of vocal intensity in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*): differential reinforcement of vocal intensity and the Lombard effect. **Journal of Acoustical Society of America**, v. 103, p. 1190-1198, 1998.

MARLER, P.; SLABBERKORN H. **Nature's Music**. 2 Eds, New York: Academic Press, (in press), 2004.

MARTEN, K.; MARLER. Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate habitats. **Behavioral Ecology e Sociobiology**. v. 2, p. 291-302, 1977.

MARTENS, M. J. M. Foliage as a low-pass filter; Experiments with model forests in an anechoic chamber. **Journal of the Acoustical Society of America**. v. 67, p. 66-72, 1980.

SOUZA, C. J. M.; SILVA, L. A.; LEITE, I. J. M.; MONTEIRO, M. A. A. Demonstração e análise da interferência acústica utilizando um “tubo de Quincke” e a plataforma Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

MORTON, E. S. On the occurrence and significance of motivation structural rules in some bird and mammal sounds. **The American Naturalist**, v. 111, n. 981, p. 855-869, 1977.

NARANGO, D. L.; RODEWAL, A. D. Urban-associated drives of song variation along a rural-urban gradient. **Behavior Ecology**, v. 27, n. 2, p. 608–616, 2015.

NEMETH, E.; PIERETTI, N.; ZOLLINGER, S. A.; GEBERZAHN, N.; PARTECKE, J.; MIRANDA, A. C.; BRUMM, H. Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. **Proceedings of the Royal Society B**, Londres, v. 280, n. 1754, 2013.

NOTTEBOHM, F.; NOTTEBOHM, M. E. Vocalizations and breeding behaviour of Surgically deafened ring doves (*Streptopelia risoria*). **Animal Behaviour**. v. 19, p. 313-327, 1971.

ODEN, A. I.; BROWN, M. B.; BURBACHM M. E.; BRANDLE, J. R.; QUINN, J. E. Variation in avian vocalizations during the non-breeding season in response to traffic noise. **Ethology**, Oxford, v. 121, n. 5, p. 472-479, 2015.

ORTEGA, CATHERINE P. Effects of noise pollution on birds: A brief review of our knowledge. **Ornithological Monographs**, v. 74, p. 6-22, 2012.

PATRICELLI, G. L.; BLICKLEY, J. L. Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. **The Auk**, v. 123, p. 639-649, 2006.

PENA, J. C. C.; MARTELLO, F.; RIBEIRO, M. C.; ARMITAGE, R. A.; YOUNG, R. J.; RODRIGUES, M. Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds. **PLoS ONE**, v. 12, n. 3, 2017.

PIERETTI, N.; FARINA, A.; MORRI, D. A new methodology to infer the singing activity of an avian community: The Acoustic Complexity Index (ACI). **Ecological Indicators**, v. 11, n. 3, p. 868–873, 2011.

PODOS, J.; HUBER, S. K.; TAFT, B. Bird song: The interface of evolution and mechanism. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 55-87, 2004.

POTASH, L. M. Noise-induced changes in calls of the Japanese quail. **Psychonomic Science**, v. 26. p. 252-254, 1972.

POTVIN, D. A.; MACDOUGALL-SHACKLETON, S. A. Experimental chronic noise exposure affects adult song in zebra finches. **Animal Behaviour**, Londres, v. 107, n. 1, p. 201-207, 2015.

PROVINCiato, I. C. C.; PIZO, M. A. Uso do tempo por duas aves comuns em ambientes urbanos: o bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) e a pomba asa-branca (*Patagioenas picazuro*). **Atualidades Ornitológicas** v. 180, 2014.

QUINE, D. B. Infrasound detection and ultra low frequency discrimination in the homing pigeon (*Columba livia*). **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 63, p. S75, 1978.

REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; VEENBAAS. Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. **Biodiversity and Conservation**, v. 6, p. 567-581, 1997.

REIJNEN, R.; FOPPEN, R.; TER BRAAK, C.; THISSEN. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland: III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. **Journal of Applied Ecology**, v. 32, p. 187-202, 1995.

RODEWALD, A. D.; BAKERMANS, M. H. What is the appropriate paradigm for riparian forest conservation? **Biological Conservation**, v. 128, p. 193–200, 2006.

RODEWALD, A. D.; SHUSTACK, D. P. Consumer resource-matching in urbanizing landscapes: Are synanthropic species over-matching? **Ecology**, v.89, p. 515–521, 2008.

RODEWALD, A. D.; KEARNS, L. J.; SHUSTACK, D. P. Anthropogenic resources decouple predator-prey relationships. **Ecological Applications**, v. 21, p. 936–943, 2011.

RODEWALD, A. D.; SHUSTACK, D. P.; HITCHCOCK, L. E. Exotic shrubs as ephemeral ecological traps for nesting birds. **Biological Invasions**, v. 12, p. 33–39, 2010.

RYAN, M. J.; BRENOWITZ, E. A. The role of body size, phylogeny, and ambient noise in the evolution of bird song. **The American Naturalist**, v. 126, n. 1, p. 87-100,

1985.

SCHROEDER, J.; NAKAGAWA, S.; CLEASBY, I. R.; BURKE, T. Passerine birds breeding under chronic noise experience reduced fitness. **PLoS One**, v. 7, 2012.

SEARCY, W. A.; BEECHER, M. D. Song as an aggressive signal in songbirds. **Animal behavior**, Londres, v. 78, n. 1, p. 1281-1292, 2009.

SEDDON, N. Ecological adaptation and species recognition drives vocal evolution in Neotropical suboscine birds. **Evolution**, v. 59, n. 1, p. 200-215, 2005.

SENZAKI, M.; BARBER, J. R.; PHILLIPS, J. N.; CARTER, N. H.; COOPER, C. B.; DITMER, M. A.; FRANCIS, C. D. Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent. **Nature**, v. 587, n. 7835, p. 605–609. 2020.

SHANNON, G.; MCKENNA, M.F.; ANGELONI, L.M.; CROOKS, K.R.; FRISTRUP, K.M.; BROWN, E.; WARNER, K.A.; NELSON, M.D.; WHITE, C.; BRIGGS, J. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. **Biol. Rev.**, v. 91, p. 982–1005, 2016.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira: uma introdução**. 2^a ed. Brasília: Linha Gráfica Editora, 1984.

SICK, H., **Ornitologia Brasileira**, edição revista e ampliada por José Fernando Pacheco. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. 1997.

SILVA, M. L. da. **Estrutura e organização de sinais de comunicação complexos: o caso do sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris* (Aves, Passeriformes, Turdinae)**. Tese (Doutorado em Psicologia). Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SLABBEKOORN, H. PEET, M. Birds sing at a higher pitch in urban noise. **Nature**. v. 424, n. 267, 2003.

SLABBEKOORN, H., CATE C., Responses of collared doves to playback of coos. **Behav. Proc.**, v. 38, p. 169–174, 1996.

SLABBEKOORN, H.; SMITH, T. B. Habitat-dependent song divergence in the little greenbul: An analysis of environmental selection pressures on acoustic signals. **Evolution.**, v. 56, p. 1849–1858, 2002.

SLABBEKOORN, H.; SMITH, T. B. Habitat dependent song divergence in the little greenbul: an analysis of environmental selection pressures on acoustic signal. **Evolution**, Oxford, v. 56, n. 9, p. 1849-1858, 2002.

SWADDLE, J. P.; FRANCIS, C. D.; BARBER, J. R.; COOPER, C. B.; KYBA, C. C. M.; DOMINONI, D. M.; SHANNON, G.; ASCHEHOUG, E.; GOODWIN, S. E.; KAWAHARA, A. Y.; LUTHER, D.; SPOELSTRA, K.; VOSS, M.; LONGCORE, T. A framework to assess evolutionary responses to anthropogenic light and sound. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 30, n. 9, p. 550-560, 2015.

SWADDLE, J. P.; PAGE, L. C. High levels of environmental noise erode pair preferences in zebra finches: implications for noise pollution. **Animal Behaviour**, Londres, v. 74, p. 363-368, 2007.

TABANEZ, M. F. et al. Plano de Manejo da Estação Ecológica dos Caetetus. **IF Série Regional**, v. 29, p. 1-104, 2005.

WARREN, P. S.; KATTI, M.; ERMANN, M.; BRAZEL, A. Urban bioacoustics: it's not just noise. **Animal Behaviour**, Londres, v. 71, n. 3, p. 491-502, 2006.

WILEY, R., H.; RICHARDS, D., G. **Adaptations for acoustic communication in birds sound transmission and signal detection**. In: Acoustic Communication in Birds, Vol. 1 Production, Perception, and Design features of sound, D. E. Kroodsma e E.H. Miller (eds.), Academic Press, New York, 1982. pp. 132-181.

WILEY, R., H.; RICHARDS, D., G. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalization. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 3, p. 69-94, 1978.

WILLIS, E. O. Y.; ONIKI. Invasion of deforested regions of São Paulo state by the Picazuro Pigeon, *Columba picazuro* Temminck, 1813. **Ciência e Cultura**, v. 39, p. 1064-1065, 1987.

WILMAN, H.; BELMAKER, J.; SIMPSON, J.; DE LA ROSA, C.; RIVADENEIRA, M. M.; JETZ, W. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals: Ecological Archives E095-178. **Ecology, Washington**, v. 95, n. 7, p. 2027-2027, 2014.

WOOD, W. E.; YEREZINAC, S. M. Song sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. **The Auk**, v. 123, p. 650-659, 2006.

ZOLLINGER, S. A. Environmental noise and the evolution of vocal plasticity. In: INTERNATIONAL BIOACOUSTICS CONGRESS, Pirenópolis. **Anais Pirenópolis: Pousada dos Pirineus**, 2013.

ZOLLINGER, S. A.; BRUMM, H. Why birds sing loud songs and why they sometimes don't. **Animal Behavior**, Londres, v. 105, n. 1, p. 289-295, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Tabela de amostragem do grupo A. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade;

Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído

G	Ind	T1	Min1	Pico1	Max1	T2	Min2	Pico2	Max2	T3	Min3	Pico3	Max3	Temp	Vent	Umid	Pres	Aten	R1 - N	R2 - S	R3 - L	R4 - O	M. Ruído
A	A01	0,237	0,295	0,636	0,775	0,121	0,328	0,535	0,778	0,553	0,335	0,592	0,718	17,4	0,5	66,5	94500	0,251	49,8	51,6	51,7	49,4	50,625
A	A02	0,245	0,263	0,605	0,843	0,091	0,263	0,553	0,822	0,528	0,281	0,529	0,773	18,7	0,4	62,7	94500	0,255	50,5	51,9	50,7	50,8	50,975
A	A03	0,280	0,245	0,581	0,865	0,105	0,251	0,519	0,854	0,461	0,256	0,502	0,705	20,5	0	57,9	94600	0,278	48,5	45,9	48,5	48,2	47,775
A	A04	0,256	0,335	0,585	0,765	0,111	0,395	0,567	0,701	0,488	0,379	0,523	0,651	19,4	0,1	60,2	94600	0,268	48,5	44,9	46,8	45,8	46,5
A	A05	0,260	0,314	0,619	0,747	0,111	0,312	0,504	0,872	0,520	0,309	0,558	0,808	22,1	0	57,7	94700	0,294	44,8	46,5	52	49,7	48,25
A	A06	0,254	0,445	0,585	0,763	0,109	0,331	0,524	0,654	0,546	0,310	0,513	0,639	20,8	0	69,4	95000	0,285	53,3	45,5	48,5	47,4	48,675
A	A07	0,260	0,332	0,617	0,796	0,090	0,310	0,512	0,715	0,538	0,307	0,584	0,758	20,4	0	72,4	95000	0,284	53	50,4	54	48,9	51,575
A	A08	0,287	0,449	0,593	0,737	0,125	0,398	0,571	0,711	0,603	0,410	0,609	0,719	20,8	0	68,8	95000	0,285	43,6	45,2	46,8	43,8	44,85
A	A09	0,310	0,485	0,621	0,728	0,116	0,407	0,559	0,668	0,707	0,397	0,567	0,657	24,2	1,2	60,1	95100	0,315	37,9	39,4	38,7	40,2	39,05
A	A10	0,268	0,382	0,587	0,719	0,174	0,315	0,542	0,654	0,589	0,319	0,504	0,631	19,2	0,8	84,3	94500	0,272	49,7	47,5	44,9	44,4	46,625
A	A11	0,267	0,446	0,586	0,690	0,108	0,383	0,541	0,648	0,554	0,359	0,511	0,622	21,2	0	76,2	94500	0,288	50,2	47,2	46,9	46,5	47,7
A	A12	0,226	0,345	0,631	0,789	0,115	0,365	0,548	0,731	0,557	0,408	0,593	0,708	25,1	0	68,4	94500	0,317	40,4	39,6	40,6	37,1	39,425
A	A13	0,209	0,362	0,557	0,694	0,114	0,346	0,537	0,671	0,444	0,345	0,513	0,635	24,7	0,6	65	94600	0,317	45,5	44,5	40,9	40,5	42,85
A	A14	0,195	0,306	0,633	0,855	0,116	0,319	0,548	0,826	0,578	0,320	0,588	0,839	25,5	0	73,1	94200	0,31	48	45,4	49,3	45,2	46,975
A	A15	0,295	0,338	0,530	0,649	0,123	0,345	0,470	0,618	0,602	0,348	0,480	0,601	26	0,2	73,5	94300	0,319	50,7	50,2	53,2	49,8	50,975
A	A16	0,255	0,440	0,657	0,756	0,131	0,398	0,517	0,673	0,458	0,405	0,507	0,618	22,8	0	81	94400	0,297	40,2	38,6	38,3	38,1	38,8
A	A17	0,259	0,477	0,623	0,720	0,103	0,355	0,578	0,689	0,652	0,333	0,559	0,669	23,6	0	81,1	94400	0,301	41,4	41	38,9	41,3	40,65
A	A18	0,343	0,549	0,663	0,752	0,139	0,360	0,624	0,738	0,573	0,374	0,575	0,685	24,4	0	80,9	94000	0,304	36,8	34,4	34,2	35,1	35,125
A	A19	0,263	0,409	0,624	0,727	0,123	0,350	0,606	0,711	0,629	0,363	0,587	0,686	23,7	0,9	80,6	94400	0,301	39,3	38,8	41,2	42,6	40,475
A	A20	0,237	0,437	0,645	0,751	0,130	0,405	0,565	0,711	0,693	0,393	0,531	0,639	24,7	0,2	77,4	94400	0,308	39,4	39,5	40,2	40,9	40

Anexo 2. Tabela de amostragem do grupo B. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade; Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído

G	Ind	T1	Min1	Pico1	Max1	T2	Min2	Pico2	Max2	T3	Min3	Pico3	Max3	Temp	Vent	Umid	Pres	Aten	R1 -N	R2 - S	R3 - L	R4 -O	M. Ruído
B	B01	0,238	0,202	0,619	0,723	0,094	0,202	0,530	0,659	0,682	0,202	0,547	0,682	20,7	0	64,7	94800	0,283	35,2	35,2	36	35	35,35
B	B02	0,232	0,247	0,468	0,663	0,098	0,259	0,443	0,585	0,627	0,226	0,443	0,631	26,2	0,1	75	94600	0,316	36,8	37	37,1	37,7	37,15
B	B03	0,256	0,244	0,590	0,717	0,102	0,264	0,577	0,713	0,351	0,259	0,564	0,697	26,2	0,1	75	94600	0,316	36,8	37	37,1	37,7	37,15
B	B04	0,251	0,385	0,638	0,754	0,174	0,355	0,597	0,783	0,547	0,344	0,581	0,769	20,3	0,6	70,1	94500	0,281	39,7	38,2	35,9	38,4	38,05
B	B05	0,259	0,377	0,626	0,734	0,099	0,359	0,572	0,714	0,555	0,394	0,573	0,685	21,5	1	69,7	94500	0,291	40,9	39,9	37,1	35,7	38,4
B	B06	0,249	0,231	0,625	0,834	0,090	0,231	0,585	0,851	0,517	0,248	0,568	0,816	21,7	1,3	68,5	94500	0,293	39,7	38,1	37,2	39,6	38,65
B	B07	0,232	0,301	0,666	0,777	0,107	0,324	0,614	0,721	0,822	0,325	0,613	0,719	25	0,3	74,2	94100	0,312	44,2	49,7	47,2	43	46,025
B	B08	0,226	0,252	0,687	0,795	0,100	0,280	0,602	0,742	0,826	0,243	0,631	0,737	25,1	0	74,1	94100	0,313	37,7	37,2	38,5	37,1	37,625
B	B09	0,219	0,465	0,593	0,692	0,096	0,374	0,556	0,666	0,642	0,378	0,533	0,641	18,9	2	64,5	94500	0,265	37,9	39,8	39,3	39,1	39,025
B	B10	0,225	0,386	0,657	0,828	0,081	0,339	0,612	0,778	0,628	0,340	0,600	0,830	19,3	0,2	64,5	94500	0,269	39,8	39,7	39,4	38,9	39,45
B	B11	0,237	0,375	0,685	0,795	0,092	0,311	0,608	0,868	0,757	0,319	0,605	0,749	21,5	0,5	61,6	94500	0,29	40,7	38,3	36,1	36,2	37,825
B	B12	0,220	0,378	0,618	0,746	0,060	0,348	0,566	0,757	0,817	0,376	0,575	0,757	20,7	1,2	60,8	94500	0,282	38,1	38,5	37,2	37,6	37,85
B	B13	0,321	0,435	0,579	0,682	0,108	0,382	0,536	0,645	0,735	0,355	0,506	0,636	22,7	0	72,1	94100	0,3	40,3	40,7	41,8	39,7	40,625
B	B14	0,262	0,460	0,607	0,745	0,100	0,376	0,561	0,673	0,633	0,377	0,589	0,700	22,5	0,4	85,9	94500	0,291	39,4	39,6	39	39,2	39,3
B	B15	0,253	0,483	0,633	0,735	0,112	0,445	0,577	0,695	0,542	0,449	0,576	0,684	24,2	0,4	85,9	94500	0,297	39,7	39,2	40	40,7	39,9

Anexo 3. Tabela de amostragem do grupo C. G – Grupo; Ind – Indivíduo; Temp – Temperatura; Vent – Vento; Umid – Umidade; Pres – Pressão do ar; Aten – Atenuação; R1-N – Ruído Norte; R2-S – Ruído Sul; R3-L; Ruído Leste; R4-O – Ruído Oeste; M.Ruído – Média do Ruído

G	Ind	T1	Min1	Pico1	Max1	T2	Min2	Pico2	Max2	T3	Min3	Pico3	Max3	Temp	Vent	Umid	Pres	Aten	R1 -N	R2 - S	R3 - L	R4 -O	M. Ruído
C	C1	0,221	0,461	0,581	0,757	0,117	0,430	0,537	0,646	0,541	0,439	0,539	0,666	28,8	2,1	47,4	101300	0,353	35,3	34,1	37,2	36,3	35,725
C	C2	0,224	0,344	0,642	0,817	0,090	0,344	0,514	0,737	0,442	0,340	0,530	0,796	31,5	0,1	40,2	101300	0,38	34,2	35,6	36,1	34,3	35,05
C	C3	0,230	0,394	0,649	0,752	0,097	0,385	0,559	0,685	0,427	0,387	0,544	0,675	33	0,5	36,2	101300	0,397	37,5	34,7	36,2	35,6	36
C	C4	0,217	0,386	0,648	0,786	0,098	0,370	0,579	0,688	0,536	0,349	0,558	0,718	31,9	0,4	33,4	101300	0,38	33	32,6	33,1	38,7	34,35
C	C5	0,136	0,312	0,538	0,731	0,068	0,327	0,532	0,675	0,490	0,362	0,527	0,628	33,1	0,3	29,3	101300	0,404	32,4	27,3	26,3	28,9	28,725
C	C6	0,262	0,418	0,635	0,739	0,108	0,404	0,578	0,678	0,538	0,415	0,563	0,673	32,3	1	29,8	101300	0,392	33,1	31,2	29,9	31,8	31,5
C	C7	0,208	0,288	0,576	0,702	0,120	0,291	0,448	0,582	0,395	0,297	0,463	0,607	32,2	0,9	33,8	101300	0,392	28,8	29,1	28,7	28,4	28,75
C	C8	0,239	0,420	0,646	0,795	0,107	0,416	0,549	0,686	0,510	0,422	0,543	0,670	30,7	0,4	29,7	101300	0,382	30,7	28,9	29,3	30,9	29,95
C	C9	0,333	0,436	0,570	0,712	0,051	0,377	0,493	0,655	0,780	0,413	0,594	0,707	31,7	0	33	101300	0,38	33,3	29,5	33,1	34,1	32,5
C	C10	0,202	0,263	0,590	0,753	0,109	0,271	0,557	0,694	0,490	0,279	0,511	0,666	23,4	0	62,9	101300	0,303	34	35,4	34,6	33,6	34,4
C	C11	0,166	0,284	0,578	0,781	0,080	0,249	0,522	0,734	0,454	0,241	0,462	0,646	25,3	1,1	49,1	101300	0,358	32,1	36,1	37,5	36,9	35,65
C	C12	0,201	0,274	0,654	0,770	0,063	0,279	0,548	0,782	0,510	0,268	0,532	0,760	30,4	0,5	40,8	101300	0,359	29,9	32,3	35,1	29,7	31,75
C	C13	0,249	0,345	0,654	0,776	0,110	0,333	0,554	0,690	0,413	0,363	0,522	0,680	30,1	0,1	44,1	101300	0,365	30,1	29,5	33	31,9	31,125
C	C14	0,255	0,469	0,653	0,753	0,114	0,437	0,550	0,666	0,454	0,429	0,531	0,641	32,2	1	36,5	101300	0,37	37	36,1	33,4	33,8	35,075
C	C15	0,211	0,556	0,665	0,759	0,091	0,369	0,581	0,703	0,597	0,367	0,575	0,696	34	0,8	34,6	101300	0,384	26,5	28,3	26,2	27,6	27,15
C	C16	0,275	0,452	0,619	0,736	0,123	0,433	0,540	0,667	0,467	0,426	0,531	0,639	34,1	0	31,6	101300	0,363	27,6	28,5	28,3	32,3	29,175
C	C17	0,176	0,365	0,710	0,832	0,111	0,367	0,706	0,903	0,588	0,478	0,683	0,798	33,2	0	36,4	101300	0,372	25,4	24,5	27,3	26,6	25,95
C	C18	0,245	0,437	0,602	0,708	0,096	0,339	0,545	0,747	0,630	0,341	0,570	0,747	33	0,8	36,3	101300	0,393	26,2	27,9	31,1	29,3	28,625
C	C19	0,263	0,425	0,638	0,736	0,100	0,413	0,553	0,677	0,581	0,396	0,555	0,664	32,5	0,4	37,6	101300	0,332	32,6	29,7	32,5	33,1	31,975
C	C20	0,236	0,406	0,578	0,680	0,085	0,331	0,538	0,655	0,577	0,339	0,528	0,635	32,7	0	42,6	101300	0,386	27,5	30,9	26,9	28,1	28,35