



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB**

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**DONNER ABREU DE LARA RESENDE**

**ANA CAROLINA DE ARAGÃO E SOUZA**

**EFEITO DO RUÍDO URBANO NA COMUNICAÇÃO ACÚSTICA DA CHOCA-DE-  
ASA-VERMELHA (*THAMNOPHILUS TORQUATUS*):  
UMA MANIPULAÇÃO EXPERIMENTAL**

**BRASÍLIA**

**2023**



**DONNER ABREU DE LARA RESENDE**

**ANA CAROLINA DE ARAGÃO E SOUZA**

**EFEITO DO RUÍDO URBANO NA COMUNICAÇÃO ACÚSTICA DA CHOCA-DE-  
ASA-VERMELHA (*THAMNOPHILUS TORQUATUS*):  
UMA MANIPULAÇÃO EXPERIMENTAL**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Igor Dias.

**BRASÍLIA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente ao apoio do Centro Universitário de Brasília e sua Assessoria do Projeto de Iniciação Científica, e também à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal. Também agradecemos ao nosso Orientador, o Prof. Dr. Raphael Igor Dias, por nos guiar e incentivar neste trabalho. Por fim, agradecemos aos nossos colegas que estiveram presentes em campo conosco: Bruna Nascimento Moreira Pio Teixeira, Christyne Xerfan Colares, Laura de Oliveira Costa e Lucas Figueirêdo de Girão Van Erven.

## RESUMO

O impacto da poluição sonora de origem humana é amplamente reconhecido, e a presença de rodovias barulhentas influencia no comportamento das espécies próximas a ela. A comunicação acústica é um componente importante quando se aborda o comportamento de aves. Este experimento visa avaliar a plasticidade da resposta comportamental da espécie choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*) em decorrência de ruídos automobilísticos, particularmente nos parâmetros acústicos da vocalização territorial. O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) em Planaltina, Distrito Federal. Os indivíduos foram capturados e marcados em territórios com diferentes níveis de exposição à poluição sonora. 25 tratamentos únicos foram produzidos a partir de gravações feitas na ESECAE, cada um composto por três tipos de estímulos sonoros: dois estímulos naturais, o primeiro sendo vocalizações de *Ara ararauna* de alta intensidade e o segundo sendo sons naturais de baixa intensidade, com o terceiro estímulo contendo ruído rodoviário. Diferente do que se esperava, a frequência dominante não foi mais alta após a produção do ruído de veículos, e sim após as gravações de baixa intensidade sonora. Observou-se também que as aves expostas ao estímulo de vocalizações de *A. ararauna* produziram menores frequências dominantes e frequências dominantes da fundamental. Observou-se igualmente que os ruídos de alta intensidade podem provocar a interrupção da vocalização territorial antes de sua nota final, sendo mais frequente diante do estímulo de *A. ararauna* do que o ruído rodoviário. Os resultados sugerem que a espécie apresenta respostas diferentes à ruídos de intensidades e origens diferentes.

**Palavras-chave:** comunicação acústica; choca-de-asa-vermelha; poluição sonora.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3. MÉTODOS	10
TIPIFICAÇÃO710	
ÁREA DE ESTUDO711	
OBJETO DE ESTUDO711	
DELIMITAÇÃO DE AMOSTRA711	
COLETA DE DADOS711	
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS712	
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20

## 1. INTRODUÇÃO

A comunicação acústica, ou a capacidade dos indivíduos de emitir, receber e interpretar sinais sonoros que veiculam informações, surgiu independentemente e é altamente conservada em diversos táxons de vertebrados. Estima-se que ela esteja presente em aproximadamente 69% dos tetrápodes hoje existentes e que ela evoluiu separadamente em anfíbios, mamíferos, lepidossauros, e arcossauros entre 250 e 100 milhões de anos atrás (Chen; Wiens, 2020). Essa forma de comunicação permite a transmissão quase instantânea de informações a longas distâncias e em condições de baixa visibilidade (Brumm; Naguib, 2009; Chen; Wiens, 2020). Nesse contexto, as aves se destacam pela diversidade e sofisticação de seus sinais sonoros, principalmente das vocalizações, mas também dos sons não vocais, como o tamborilar dos pica-paus. A comunicação acústica é amplamente utilizada por esse grupo para diversas finalidades, como a atração de parceiros, a defesa de território, e para alertar ou coordenar ações com outros indivíduos (Brumm; Zollinger, 2013).

A comunicação acústica das aves evoluiu sobre um fundo de ruídos abióticos de baixa frequência, como o vento sobre a vegetação, cursos de água corrente, e a chuva, assim como ruídos produzidos por outros animais, que variam de acordo com as espécies presentes, as condições meteorológicas (Brumm; Slabbekoorn, 2005) e a hora do dia (Chen; Wiens, 2020), entre outros fatores. Entretanto, a conversão de espaços naturais para usos humanos introduziu poluentes sensoriais às aves que ocorrem dentro e nas proximidades dessas áreas, como o barulho produzido pelo trânsito de veículos motorizados. A poluição sonora altera a paisagem acústica das aves, interferindo na percepção de sons relevantes, como aqueles produzidos por um predador se deslocando no substrato. Consequentemente, ela apresenta um desafio para a comunicação acústica, uma vez que a transmissão de sinais sonoros é prejudicada (Brumm; Zollinger, 2013; Tilgar; Hein; Viigipuu, 2022). Já se demonstrou que ruídos antropogênicos também tem impactos negativos sobre o sono (Grunst et al., 2021), o desempenho cognitivo (Osbrink et al., 2021), o forrageamento (Sweet et al., 2022), e a condição física em aves (Ware et al., 2015).

Anteriormente foram documentadas diferentes respostas comportamentais ao problema da comunicação acústica em meio à poluição sonora. Enquanto algumas espécies

evitam vocalizar em momentos onde a intensidade de ruído antropogênico é maior (Gil et al., 2015), ou se deslocam para longe da perturbação (Francis; Ortega; Cruz, 2009; Ware et al., 2015), outras alteram as características de suas vocalizações, o que teoricamente pode melhorar a transmissão do sinal nessas condições (Tolentino; Baesse; Melo, 2018). A choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*) é uma ave socialmente monogâmica em que machos e fêmeas dimórficos cooperam na defesa dos territórios por meio de uma vocalização territorial de várias notas (Zimmer; Isler, 2020; Medeiros; Colares; Dias, 2022). Um estudo anterior sugere que a espécie apresenta respostas acústicas e comportamentais na ocorrência de ruído urbano (Resende; Gonçalves; Dias, 2022).

Tendo em vista a grande variação nas respostas das espécies ao impacto de ruídos antrópicos, o objetivo geral do experimento era avaliar se a exposição a ruídos de alta intensidade produz efeitos na vocalização territorial e no comportamento da choca-de-asa-vermelha que diferem daqueles observados quando as aves são expostas a ruídos de baixa intensidade, e se a resposta difere quando o ruído de alta intensidade é de origem mecânica ou animal. O delineamento de pesquisa experimental torna possível a obtenção de evidências sobre a causa das diferenças já observadas entre indivíduos da espécie que habitam áreas com e sem exposição à poluição sonora.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os ruídos antropogênicos são reconhecidos como poluentes de dimensão internacional (Radford; Kerridge; Simpson, 2014) que ameaçam a saúde e o desenvolvimento humano, aumentando o risco de doenças cardiovasculares, gerando deficiência cognitiva e privação de sono (World Health Organization Regional Office For Europe, 2011). Os efeitos deletérios não se limitam aos humanos: estudos sugerem que, em outros animais, esses ruídos também induzem problemas cognitivos (Osbrink et al., 2021) e no sono (Grunst et al., 2021), além de provocar alterações no metabolismo (Brischoux et al., 2017; Injaian; Taff; Patricelli, 2018; Kleist et al., 2018), aumentar o estresse oxidativo (Injaian; Taff; Patricelli, 2018), diminuir o sucesso reprodutivo (Halfwerk et al., 2011; Kleist et al., 2018), e afetar o comportamento (Hennigar; Ethier; Wilson, 2019; Injaian; Taff; Patricelli, 2018; Morris-drake

et al., 2017). Todos esses efeitos já foram observados em aves, sendo fortes evidências de que a poluição sonora constitui em uma degradação do habitat para muitas espécies desse grupo (Habib; Bayne; Boutin, 2006; Ware et al., 2015).

Em ambientes sob a influência humana, a poluição sonora de baixa frequência se sobrepõe ao ambiente acústico natural (Senzaki et al., 2020; Ware et al., 2015) e interfere na percepção de sons essenciais para a sobrevivência e reprodução dos animais, como os sons de uma presa ou as vocalizações de um rival (Brumm; Zollinger, 2013). Essa interferência, chamada de mascaramento, eleva o limiar de detecção de um som específico na presença de ruídos (Barber; Crooks; Fristrup, 2010). O nível do mascaramento está associado diretamente à intensidade e à frequência dos ruídos, sendo acentuado quando o som de interesse ocorre dentro da banda de frequência do ruído (Habib; Bayne; Boutin, 2006). As aves, que dependem da comunicação acústica para sobreviver e se reproduzir, apresentam algumas respostas comportamentais para mitigar esse efeito. Por exemplo, um estudo demonstrou que, para evitar a sobreposição com o tráfego de aviões, o coro matinal de aves próximas a aeroportos europeus é adiantado em relação ao de populações controle (Gil et al., 2015).

Existem também aves que simplesmente evitam áreas onde o ruído antrópico foi introduzido: um estudo comparativo mostrou que uma área permeada pelo barulho de um compressor de gás natural está associada a uma riqueza reduzida e a uma alteração na composição específica (Francis; Ortega; Cruz, 2009). Alguns experimentos de “rodovias fantasmas” criadas tocando gravações de ruídos rodoviários demonstraram que o ruído artificial provoca uma evacuação de aves nas áreas afetadas (Ware et al., 2015; autor, data), enquanto que outros mostraram que algumas espécies são atraídas por esse estímulo (Hennigar; Ethier; Wilson, 2019).

Outras espécies, como o pica-pau-pequeno (*Veniliornis passerinus*) e o garrinchão-de-barriga-vermelha (*Cantorchilus leucotis*), produzem vocalizações com parâmetros diferentes em ambientes em sob forte influência do ruído rodoviário em relação a áreas mais isoladas, de forma que provavelmente melhora a transmissão do sinal em ambientes barulhentos (Tolentino; Baesse; Melo, 2018; Resende; Gonçalves; Dias, 2022). Um mecanismo comum é o efeito Lombard, que consiste em um aumento involuntário da amplitude da vocalização em reação a um aumento do nível de ruído (Brumm, 2004; Brumm; Zollinger, 2013; Derryberry et al., 2017). Outro fenômeno, possivelmente um efeito secundário do efeito Lombard (Zollinger



et al., 2012), é o aumento da frequência dominante das vocalizações, diminuindo dessa forma a incidência do espectro acústico delas com os ruídos dos veículos (Hu; Cardoso, 2010; Francis; Ortega; Cruz, 2010; Tolentino; Baesse; Melo, 2018; Courter et al., 2020; Resende; Gonçalves; Dias, 2022). Ademais, algumas espécies alteram seu repertório vocal quando expostas a ruídos antropogênicos (Juárez et al., 2021), e outras reduzem a duração das vocalizações territoriais (Tolentino; Baesse; Melo, 2018; Kunc; Schmidt, 2021; Resende; Gonçalves; Dias, 2022).

Existem exceções aos padrões descritos. Contrastando com o resultado em aeroportos europeus, um estudo conduzido em aeroportos brasileiros demonstrou uma resposta das espécies bem menos homogênea, havendo algumas que anteciparam e outras que atrasaram o início do coro matinal (Alquezar et al., 2020). O estudo citado anteriormente que demonstrou a redução da riqueza em um local com o barulho de um compressor de gás também evidenciou que algumas aves se beneficiam indiretamente da poluição sonora, pois a proximidade de sua fonte diminui o risco de predação e parasitismo dos ninhos, aumentando o sucesso reprodutivo nesses casos (Francis; Ortega; Cruz, 2009). Ainda, outro estudo mostrou que algumas espécies podem ser atraídas pelos ruídos rodoviários (Hennigar; Ethier; Wilson, 2019). Evidências sugerem que essa inconsistência resulta do fato de que cada espécie apresenta sua própria resposta ao estímulo inédito da poluição sonora, resultante das ferramentas a ela disponibilizadas por sua herança evolutiva, e que pode ter mais ou menos valor adaptativo. As respostas das espécies podem ser resultado tanto da plasticidade fenotípica quanto de um processo de seleção evolutiva (Gentry; Mckenna; Luther, 2018; Kunc; Schmidt, 2019; Luther; Baptista, 2009). Essas duas possibilidades foram demonstradas em uma comunidade de aves no entorno do aeroporto de Tegel, onde o coro matinal era antecipado, conforme o esperado na região paleártica. Quando o aeroporto cessou suas atividades em 2020, algumas espécies continuaram a iniciar suas vocalizações antes das aves residentes nas áreas controle, condizente com a hipótese de seleção natural de indivíduos que vocalizam mais cedo. Enquanto isso, outras espécies passaram a iniciar o coro no mesmo horário que seus conspecíficos nas áreas controle, sugerindo que nessas espécies, o deslocamento temporal foi resultado da plasticidade fenotípica (Framond; Brumm, 2022).

Dentre os sinais acústicos emitidos pelas aves, as mais elaboradas e chamativas são as vocalizações territoriais, conhecidas também como canto. Essas vocalizações multissilábicas têm como papel principal a defesa do território e a atração de parceiros (Brumm; Slabbekoorn,

2005). Tradicionalmente, considera-se que o desenvolvimento desse tipo de vocalização é distinto nas duas subordens da ordem Passeriformes. Nessa visão, nos oscines, do clado Passeri, a aprendizagem vocal e a exposição ao canto do adulto são fundamentais para a cristalização do canto. Já nos suboscines, do clado *Tyranni*, o canto é completamente inato (Fitzsimmons; Barker; Mennill, 2008; Liu et al., 2013). Porém, hoje há evidências de que espécies de suboscines da família Cotingidae aprendem seus cantos (Fitzsimmons; Barker; Mennill, 2008; Kroodsma et al., 2013) e que pelo menos uma espécie de suboscine cujo canto é instintivo possui substratos comportamentais e neurológicos que, em oscines, participam da aprendizagem vocal (Liu et al., 2013). Observações dos autores na área de estudo levantaram a hipótese de que a vocalização territorial das chocas-de-asa-vermelha não é totalmente inata, mas que ela envolveria um período de treinamento antes de adquirir as feições completas. A capacidade de modificar as propriedades acústicas do canto por um curto período de tempo para minimizar a interferência de ruídos ambientais já foi observada em alguns suboscines (Francis; Ortega; Cruz, 2010; Gentry; Mckenna; Luther, 2018), mas essa plasticidade não seria necessariamente ligada à aprendizagem.

### 3. MÉTODOS

#### a. Tipificação.

O presente trabalho é um experimento de medidas repetitivas, realizado em campo na Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE). Cada indivíduo testado foi exposto aos três estímulos dos tratamentos, que foram organizados em seis ordens possíveis: ABC, BAC, ACB, BCA, CAB e CBA. A cada experimento, uma dessas permutações era tocada, seguindo esta sequência. Desta forma, foram evitados os efeitos relacionados à ordem dos estímulos.

#### b. Área de estudo.

A ESECAE abrange uma área de aproximadamente 10.500 ha localizada na região administrativa de Planaltina, a cerca de 46km da região central de Brasília. A região apresenta um clima considerado subtropical, caracterizado por uma estação fria e seca no inverno e outra quente e úmida no verão (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). A vegetação da Unidade de

Conservação é composta por fisionomias que variam desde áreas campestres até vegetações mais densas como Cerradão e Matas de Galeria (Felfili et al. 2008).

**c. Objeto de estudo.**

A choca-da-asa-vermelha é uma espécie de ave encontrada na borda de matas e em áreas de cerrado (Zimmer; Isler, 2020). Na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), já foi observado que parte da população ocupa regiões periféricas da unidade, com indivíduos defendendo territórios próximos às rodovias. A espécie produz sua vocalização territorial o ano todo.

**d. Delimitação de amostra.**

As chocas-da-asa-vermelha foram localizadas através de buscas ativas e execução de *playbacks* da vocalização da espécie. Após localizadas, registaram-se as coordenadas de latitude e longitude para caracterizar a posição geográfica do território e definir o local para o esforço de captura, que se fez por meio de redes de neblina. Uma vez capturados, os indivíduos foram medidos com um paquímetro (precisão 0,02), tiveram sua massa corporal estimada com uma balança de mola (Pesola®) e foram identificados com uma combinação única de 4 anilhas coloridas.

**e. Instrumentos de coleta de dados.**

As gravações que serviram de base para os tratamentos do experimento foram obtidas com um gravador digital Marantz PMD 660 (16-bit precisão e 44.1 Hz taxa de amostragem) conectado a um microfone unidirecional Sennheiser K6/ME66. Foram realizadas 25 gravações de veículos transitando nas rodovias que circundam a ESECAE e 25 gravações da vocalização de indivíduos diferentes da espécie *Ara ararauna*, a arara-canindé, todas a uma distância de aproximadamente 10 metros da fonte sonora. Adicionalmente, foram realizadas 25 gravações do ruído ambiental de baixa intensidade no interior da reserva, sem vocalizações de aves no fundo. A edição final de 25 conjuntos únicos foi realizada usando o programa Audacity 3.1.3 (Free Software Foundation, Boston, MA). Cada tratamento usado no experimento possui uma combinação dos três estímulos de cinco segundos (ruído rodoviário, da vocalização de *A. ararauna* e do ruído ambiental), com intervalos de cinco segundos entre cada, totalizando 30

segundos. A identificação do tratamento, o tipo e a ordem dos tratamentos foram definidos a partir de amostragens aleatórias simples sem reposição.

As respostas acústicas dos indivíduos foram registradas com um gravador digital Marantz PMD 660 (16-bit precisão e 44.1 Hz taxa de amostragem) conectado a um microfone unidirecional Sennheiser K6/ME66. Simultaneamente, uma planilha era preenchida com dados sobre o dia, o local, o indivíduo focal, detalhes sobre a resposta registrada e outras observações.

Os dados das vocalizações foram obtidos por meio do *software* Raven Pro 1.6.3 (CCB, 2019). Essas informações foram consolidadas e sistematizadas Google Planilhas e analisadas no programa R (R Development Core Team 2022).

#### f. **Procedimentos metodológicos.**

Para iniciar o experimento, os indivíduos foram localizados em seus territórios e houve uma aproximação em relação ao indivíduo que estava vocalizando. Se necessário, as chocas-de-asa-vermelha eram estimuladas a cantar com *playbacks* da vocalização territorial da espécie. Os estímulos eram tocados enquanto a choca-de-asa-vermelha produzia uma vocalização territorial. Uma vez terminado o período de observação, aguardava-se uma nova vocalização para aplicar o estímulo seguinte e observar a resposta dos indivíduos. Os tratamentos foram reproduzidos por uma caixa de som (JBL de 30 watts) posicionada a uma distância linear de aproximadamente 10 metros do indivíduo. As respostas acústicas dos indivíduos foram registradas com o gravador digital.

Cada experimento foi identificado com a data e o horário de sua realização, as coordenadas geográficas do local, o sexo do animal focal e, quando possível, as anilhas do indivíduo. Onde não foi possível verificar as anilhas dos indivíduos, ou quando ele não era anilhado, o indivíduo foi associado a um número e à letra M quando macho e F quando fêmea. Quando indivíduos de um mesmo casal eram sujeitos ao experimento, ambos eram identificados pelo mesmo número. Também foram anotadas informações sobre os casais, por exemplo, se estavam acompanhados ou não por filhotes e se o parceiro do indivíduo focal também estava vocalizando durante o experimento.

Durante cada experimento, as variáveis de resposta registradas foram se o indivíduo focal interrompeu ou não sua vocalização enquanto o estímulo tocava, assim como o número

de vocalizações que realizou durante um minuto após o fim da emissão do estímulo. Essas informações foram verificadas posteriormente por meio das gravações dos experimentos.

Utilizando o Raven Pro 1.6.3 em conjunção com o Google Planilhas, foram selecionadas as notas de cada vocalização territorial emitida pelo animal focal durante os estímulos e no minuto que os seguia. Foram obtidas as seguintes medidas para cada nota: os tempos de início e fim, a frequência dominante (frequência contendo a maior parte da energia acústica), a frequência dominante da harmônica fundamental (a harmônica detectável com a menor frequência), e o número de harmônicas. Já para cada conjunto de notas que formam um canto, foi avaliado: a duração (calculado fazendo a diferença entre o tempo de fim da última nota e o tempo de início da primeira nota), o número de notas, o número médio de harmônicas, a frequência de notas por segundo (calculado dividindo o número de notas pela duração), a frequência dominante média, e a frequência dominante média da harmônica fundamental. As variáveis de resposta registrados em campo foram verificados nas gravações: se o animal focal interrompeu sua vocalização enquanto o estímulo tocava, e quantas vezes vocalizou no minuto após o estímulo. A data e horário foram incluídos no modelo para investigar possíveis variações temporais e sazonais nas respostas dos indivíduos. Já as coordenadas geográficas foram vinculadas ao registro anterior de territórios e a identificação dos indivíduos foi usada como variável aleatória no modelo. Todas as análises foram realizadas no programa R.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Entre o dia 19 de fevereiro até o dia 2 de julho de 2023, obteve-se dados de 15 dos 22 experimentos realizados. Destes, em oito foi possível realizar o experimento completamente com o uso de todos os três estímulos diferentes, mas apenas seis deles responderam todos os estímulos, permitindo uma análise estatística de medidas repetidas.

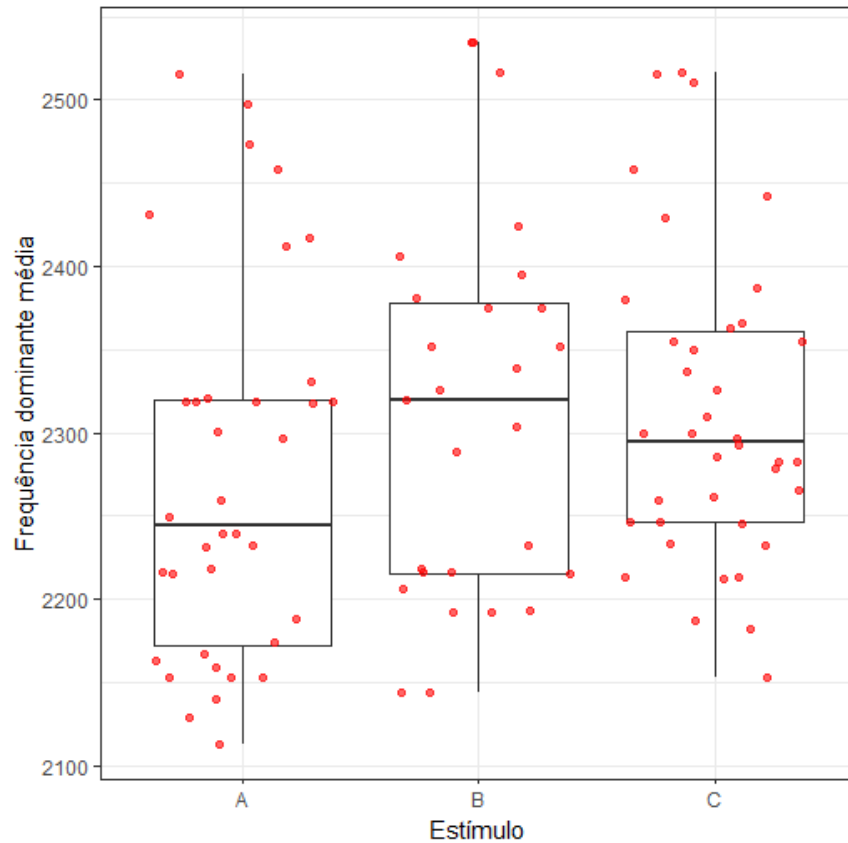
**Tabela 1.** Média e desvio padrão dos parâmetros acústicos avaliados.

Parâmetro	Vocalização de <i>A. ararauna</i>		Ruído natural de baixa intensidade		Ruído rodoviário	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Frequência dominante (Hz)	2270,7	206,2	2317,9	225,5	2301,3	205,9
Frequência dominante da fundamental (Hz)	1332,0	392,1	1412,4	468,8	1446,9	509,5
Duração da vocalização (s)	3,093	0,474	3,005	0,479	3,155	0,374
Número de notas	13,5	3,3	12,8	2,4	14,1	2,9
Notas por segundo (notas/s)	4,342	0,569	4,439	0,314	4,426	0,458
Número de vocalizações em 1 minuto	2,769	1,481	2,091	1,700	3,455	1,036

Foram analisados 136 cantos compostos por um total de 1.799 notas. Dos 35 estímulos tocados, sete deles provocaram uma interrupção no canto das chocas. Destes, cinco interrupções ocorreram quando as vocalizações de *A. ararauna* foram tocadas, representando 38,46% das vezes em que o estímulo A foi usado, e duas delas foram em reação ao estímulo do ruído rodoviário, totalizando 18,18% das vezes em que as aves foram expostas a esse tipo de estímulo. Em uma ocasião, um indivíduo focal teve uma reação de surpresa quando o estímulo de *A. ararauna* foi tocado, cessando sua vocalização, dando um salto, e se embrenhando na vegetação adjacente, não voltando a retomar suas vocalizações. O estímulo B não provocou nenhuma interrupção. Esses resultados sugerem um grau de plasticidade comportamental da parte da a choca-de-asa-vermelha. Aparentemente, a espécie é capaz de reagir dinamicamente à mudanças em seu ambiente sonoro, podendo interromper sua vocalização territorial em resposta a ruídos de alta intensidade que dificultam a transmissão do sinal.

Entre os três estímulos, considerando os seis indivíduos que emitiram vocalizações após todos os tratamentos, não houve diferença estatisticamente significativa na frequência dominante (Teste de Friedman;  $\chi^2_2 = 4$ ;  $P = 0,135$ ) nem na frequência dominante da fundamental, a frequência mais baixa de um elemento acústico que apresenta harmônicas (Teste de Friedman;  $\chi^2_2 = 4,333$ ;  $P = 0,115$ ). No entanto, em razão do tamanho amostral pequeno, não podemos descartar a possibilidade de ser um erro do tipo II. Considerando todos os dados coletados, a frequência dominante e a frequência dominante da fundamental mais baixas foram observadas em resposta ao estímulo de *A. ararauna*, sendo de 2270,7 Hz e 1332,0 Hz respectivamente. Esse ruído tem alta intensidade e abrange um intervalo largo de frequências com sobreposição às principais frequências da vocalização territorial da choca-de-asa-vermelha. Essas características são comparáveis ao do ruído rodoviário quando visualizados em um espectrograma. Todavia, o ruído rodoviário apresenta frequências dominantes inferiores às das vocalizações da choca-de-asa-vermelha e de *A. ararauna*. Esse resultado levanta a hipótese de que a resposta da choca-de-asa-vermelha aos ruídos pode variar de acordo com as frequências que nele predominam.

**Figura 1.** Variação na frequência dominante média de acordo com o estímulo produzido anteriormente.



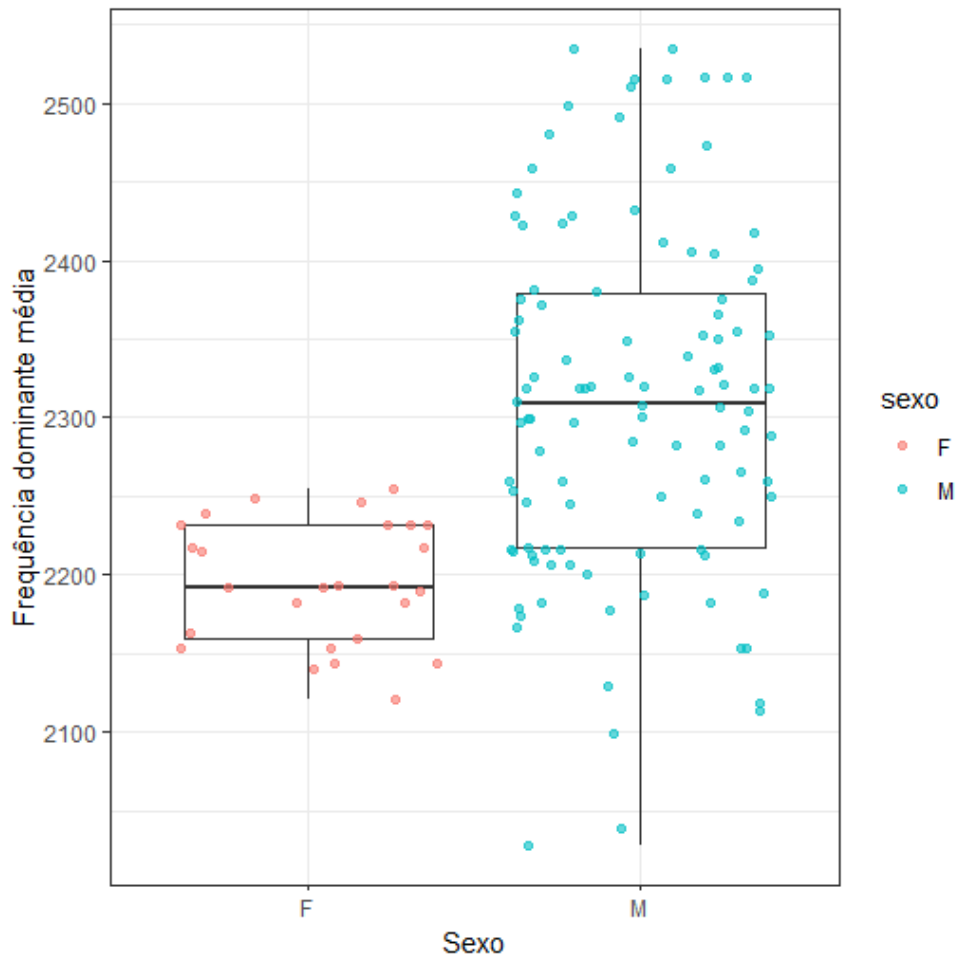
A frequência dominante das vocalizações emitidas durante um minuto após o estímulo do ruído natural de baixa intensidade foi pouco maior que após o ruído antropogênico, o que não era esperado para o experimento. Evidências prévias sugerem que a choca-de-asa-vermelha tem um grau de tolerância aos ruídos de alta intensidade amparada pela sua capacidade de ajustar suas vocalizações para melhorar a transmissão de seus sinais, algo corroborado pela proximidade às rodovias de alguns dos territórios da espécie na ESECAE e entornos (Resende; Gonçalves; Dias, 2022). Um aumento da frequência dominante teoricamente reduziria o efeito do mascaramento por sobreposição de frequências com o ruído rodoviário, melhorando como consequência a propagação do sinal em meio a ruídos de baixa frequência e alta intensidade. Esse padrão de comportamento já foi identificado em várias aves diferentes, por exemplo em *Colluricincla harmonica* (Parris; Schneider, 2008), *Manorina melanocephala*, *Platycercus eximius* (Hu; Cardoso, 2010), e em oito espécies na região de Minas Gerais, entre elas, *Tolmomyias sulphurescens* e *Cyclarhis gujanensis* (Tolentino; Baesse; Melo, 2018). Um estudo mostrou que duas espécies de tiranídeos



simpátricas apresentaram respostas diferentes diante da mesma fonte de ruído antropogênico; o ruído antrópico estava associado a um aumento da frequência das vocalizações de *Myiarchus cinerascens*, espécie que não sofreu alterações em ocupação da área local, enquanto que *Empidonax wrightii* não alterou sua vocalização, mas tornou-se menos abundante. (Francis; Ortega; Cruz, 2010). Além deste estudo, outras aves mostraram essa tolerância na presença de rodovias. De volta ao Triângulo Mineiro, o estudo mencionado anteriormente, feito entre nove espécies, revelou que apenas uma delas não alterava a sua frequência quando próximas às áreas urbanas (Tolentino; Baesse; Melo, 2018). Num experimento criando uma rodovia fantasma, várias das espécies são observadas em sua mudança de frequência de acordo com a exposição à ruído de origem mecânica (Ware et al., 2015). Similarmente, a mudança da frequência dominante da vocalização da espécie quando exposta a ruídos rodoviários parece ser resultado da plasticidade do sinal, podendo ser parte da resposta da espécie a poluição sonora de alta intensidade e uma tentativa de enfrentar os efeitos da perda da mensagem. A mudança de frequência dominante pode envolver certos custos físicos, mas já foi identificada em vários estudos (Brumm, 2004; Hu; Cardoso, 2010). É possível que o desenho experimental, por ser composto de trechos de apenas cinco segundos que não se sobrepõe às vocalizações subsequentes, produza um efeito diferente de uma exposição crônica ao ruído rodoviário.

Os dados sugerem algumas diferenças comportamentais entre machos e fêmeas. Como esperado, houve mais registros de machos do que de fêmeas no experimento: no total, foram 16 machos e cinco fêmeas. Igualmente consistente com as observações dos autores é o contraste entre a frequência dominante dos sexos: de acordo com os dados coletados, as vocalizações das fêmeas parecem ter frequências dominantes mais baixas e menor variância do que as dos machos. Tais diferenças sugerem que diferentes pressões seletivas agem nos dois sexos nessa espécie. É possível que um aumento do tamanho amostral, sobretudo agregando mais dados de fêmeas, possa evidenciar uma diferença entre machos e fêmeas em suas respostas aos ruídos de alta intensidade. Os mecanismos por trás do dimorfismo sexual do canto das aves ainda estão sendo explorados, porém com foco nos oscines (Price, 2015; Riebel, 2016).

**Figura 2.** Frequência dominante das vocalizações de machos e fêmeas.



Não foi possível identificar uma grande variação na duração do canto e número de notas em cada um dos três estímulos. O número de notas por segundo não sofreu grandes alterações entre a execução dos três estímulos, assim como o tempo médio de duração dos cantos, salvo a duração das vocalizações após o estímulo de ruído natural de baixa intensidade, que foi o menor dos três. Isso pode indicar que a mudança da intensidade entre os ruídos naturais e o ruído rodoviário não influencia essas variáveis. Vários estudos documentam mudanças significativas nos padrões acústicos de aves quando são submetidas a ruído antropogênico (Brumm, 2004; Courter et al., 2020; Francis; Ortega; Cruz, 2010; Gentry; Mckenna; Luther, 2018; Halfwerk et al., 2011; Hu; Cardoso, 2010; Juárez et al., 2021; Kunc; Schmidt, 2021; Parris; Schneider, 2008; Resende; Gonçalves; Dias, 2022; Tolentino; Baesse; Melo, 2018), o que diverge dos resultados obtidos no presente experimento.

Por fim, ressaltamos que o tamanho amostral reduzido dificultou análises conclusivas sobre os parâmetros acústicos analisados. Para reduzir o erro amostral e o risco de cometer o erro do tipo II, será necessário fazer o experimento com mais indivíduos e utilizar outras análises estatísticas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A resposta da choca-de-asa-vermelha parece variar quando exposta a ruídos de alta intensidade de origem natural ou automotiva. Apesar de não haver alterações significativas nos parâmetros, os resultados podem indicar uma tendência que se verificaria com um tamanho amostral maior. Contrário do que se esperava, dos três estímulos, a maior frequência dominante foi produzida após o ruído natural de baixa intensidade.

Por conta da distribuição de indivíduos identificados, maior dentro do território da ESECAE e mais distantes da fonte de poluição sonora, é plausível considerar que, apesar desta capacidade e da tolerância a ruído antrópico, os indivíduos tendem a evitar as áreas próximas ao ruído antrópico. Ao longo do período de execução do experimento, foi notado um decaimento na responsividade das aves aos *playbacks* e aos estímulos, demorando mais tempo para vocalizar e vocalizando menos vezes também. É comum que aves mudem sua atividade dependendo do período do ano, e supõe-se que esse decaimento possa estar relacionado à mudanças comportamentais relativas à defesa de território fora do período reprodutivo. O experimento continuará a ser realizado para coletar mais dados sobre a ecologia comportamental da choca-de-asa-vermelha e aumentar o tamanho amostral.

## REFERÊNCIAS

- ALQUEZAR, Renata D.; MACEDO, Regina H.; SIERRA, Javier; GIL, Diego. Lack of consistent responses to aircraft noise in dawn song timing of bird populations near tropical airports. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 74, n. 88, 19 jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00265-020-02865-6>.
- BARBER, Jesse R.; CROOKS, Kevin R.; FRISTRUP, Kurt M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, n. 3, p. 180-189, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.08.002>.
- BRISCHOUX, François; MEILLÈRE, Alizée; DUPOUÉ, Andréaz; LOURDAIS, Olivier; ANGELIER, Frédéric. Traffic noise decreases nestlings' metabolic rates in an urban exploiter. **Journal of Avian Biology**, v. 48, n. 7, p. 905-909, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jav.01139>.
- BRUMM, Henrik. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, n. 3, p. 434-440, maio 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00814.x>.
- BRUMM, Henrik; NAGUIB, Marc. Chapter 1 Environmental Acoustics and the Evolution of Bird Song. In: **Advances in the Study of Behavior**, v. 40, p. 1-33, 2009. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(09\)40001-9](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(09)40001-9).
- BRUMM, Henrik; SLABBEKOORN, Hans. Acoustic Communication in Noise. In: **Advances in the Study of Behavior**. [s.l.] Academic Press. v. 35p. 151-209, 2005. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-3454\(05\)35004-2](https://doi.org/10.1016/S0065-3454(05)35004-2).
- BRUMM, Henrik; ZOLLINGER, Sue Anne. Avian Vocal Production in Noise. In: **Animal Communication and Noise**, v. 2, p. 187-227, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41494-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41494-7_7).
- CENTER FOR CONSERVATION BIOACOUSTICS. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software. IthacaThe Cornell Lab of Ornithology, , 2019. Disponível em: <http://ravensoundsoftware.com/>. Acesso em: 27 ago. 2021.
- CHEN, Zhuo; WIENS, John J. The origins of acoustic communication in vertebrates. **Nature Communications**, v. 11, n. 369, 17 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14356-3>.
- COURTER, Jason R.; PERRUCCI, Rebecca J.; MCGINNIS, Kelsey J.; RAINIERI, Jacqueline K. Black-capped chickadees (*Poecile atricapillus*) alter alarm call duration and peak frequency in response to traffic noise. **Plos One**, v. 15, n. 10, 29 out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241035>.
- DERRYBERRY, Elizabeth P.; GENTRY, Katherine; DERRYBERRY, Graham E.; PHILLIPS, Jennifer N.; DANNER, Raymond M.; DANNER, Julie E.; LUTHER, David A. White-crowned sparrow males show immediate flexibility in song amplitude but not in song minimum frequency in response to changes in noise levels in the field. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 13, p. 4991-5001. 31 maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.3037>.

FELFILI, Jeanine Maria; SILVA JÚNIOR, Manoel Cláudio da; MENDONÇA, Roberta C.; FAGG, Christopher William; FILGUEIRAS, Tarciso S.; MECENAS, Valmira Vieira. Fitofisionomias e flora. In: Fernando Oliveira Fonseca (Org.). **Águas Emendadas**, p. 152-155. SEDUMA. 2008. Acesso em: [http://www.recursoshidricos.df.gov.br/aguas\\_emendadas/docs.asp](http://www.recursoshidricos.df.gov.br/aguas_emendadas/docs.asp).

FITZSIMMONS, Lauren P.; BARKER, Nicole K.; MENNILL, Daniel J. Individual Variation and Lek-Based Vocal Distinctiveness in Songs of the Screaming Piha (*Lipaugus Vociferans*), A Suboscine Songbird. **The Auk**, vol. 125, n. 4, p. 908-914, 1 out. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1525/auk.2008.07128>.

FRAMOND, Léna de; Brumm, Henrik. Long-term effects of noise pollution on the avian dawn chorus: a natural experiment facilitated by the closure of an international airport. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 289, n. 1982, 14 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0906>.

FRANCIS, Clinton; ORTEGA, Catherine; CRUZ, Alexander. Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions. **Current Biology**, v. 19, n. 16, p. 1415-1419, 25 ago. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.06.052>.

FRANCIS, Clinton D.; ORTEGA, Catherine P.; CRUZ, Alexander. Vocal frequency change reflects different responses to anthropogenic noise in two suboscine tyrant flycatchers. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1714, p. 2025-2031, 1 dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1847>.

GENTRY, Katherine E.; MCKENNA, Megan F.; LUTHER, David A. Evidence of suboscine song plasticity in response to traffic noise fluctuations and temporary road closures. **Bioacoustics**, v. 27, n. 2, 3 abr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09524622.2017.1303645>.

GIL, Diego; HONARMAND, Mariam; PASCUAL, Javier; PÉREZ-MENA, Eneider; GARCIA, Constantino Macías. Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise. **Behavioral Ecology**, v. 26, n. 2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/aru207>.

GRUNST, Melissa L.; GRUNST, Andrea S.; PINXTEN, Rianne; EENS, Marcel. Variable and consistent traffic noise negatively affect the sleep behavior of a free-living songbird. **Science of The Total Environment**, v. 778, 15 jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146338>.

HABIB, Lucas; BAYNE, Erin M.; BOUTIN, Stan. Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds *Seiurus aurocapilla*. **Journal of Applied Ecology**, v. 44, n. 1, 12 set. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01234.x>.

HALFWERK, Wouter; HOLLEMAN, Leonard J. M.; LESSELLS, Kate M.; SLABBEKOORN, Hans. Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 1, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01914.x>.

HENNIGAR, Bronwen; ETHIER, Jeffrey P.; WILSON, David R. Experimental traffic noise attracts birds during the breeding season. **Behavioral Ecology**, v. 30, n. 6, 8 nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arz123>.

HU, Yang; CARDOSO, Gonçalo C. Which birds adjust the frequency of vocalizations in urban noise? **Animal Behaviour**, v. 79, n. 4, p. 863-867, abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.12.036>.

INJAIAN, Allison S.; TAFF, Connor C.; PATRICELLI, Gail L. Experimental anthropogenic noise impacts avian parental behaviour, nestling growth and nestling oxidative stress. **Animal Behaviour**, v. 136, p. 31–39, 1 fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.12.003>.

JUÁREZ, Roselvy; ARAYA-AJOY, Yimen G.; BARRANTES, Gilbert; SANDOVAL, Luis. House Wrens Troglodytes aedon reduce repertoire size and change song element frequencies in response to anthropogenic noise. **Ibis**, v. 163, n. 1, p. 52–64, 1 jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ibi.12844>.

RIEBEL, Katharina. Understanding Sex Differences in Form and Function of Bird Song: The Importance of Studying Song Learning Processes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 4, 07 jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1709200115>.

KLEIST, Nathan J.; GURALNICK, Robert P.; CRUZ, Alexander; LOWRY, Christopher A.; FRANCIS, Clinton D. Chronic anthropogenic noise disrupts glucocorticoid signaling and has multiple effects on fitness in an avian community. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 4, 23 jan. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1709200115>.

KROODSMA, Donald; HAMILTON, Debra; SÁNCHEZ, Julio E.; BYERS, Bruce E.; FANDIÑO-MARIÑO, Hernán; STEMPLE, David W.; TRAINER, Jill M.; POWELL, George V. N. Behavioral Evidence for Song Learning in the Suboscine Bellbirds (Procnias spp.; Cotingidae). **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 125, n. 1, p. 1–14, mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1676/12-033.1>.

KUNC, Hansjoerg P.; SCHMIDT, Rouven. Species sensitivities to a global pollutant: A meta-analysis on acoustic signals in response to anthropogenic noise. **Global Change Biology**, v. 27, n. 3, p. 675–688, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15428>.

LIU, Wan-chun; WADA, Kazuhiro; JARVIS, Erich D.; NOTTEBOHM, Fernando. Rudimentary substrates for vocal learning in a suboscine. **Nature Communications**, v. 4, n. 1, p. 2082, 4 out. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms3082>.

LUTHER, David; BAPTISTA, Luis. Urban noise and the cultural evolution of bird songs. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, n. 1680, p. 469-473, 21 out. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.1571>.

MEDEIROS, Gabriel Lima de; COLARES, Christyne Xerfan; DIAS, Raphael Igor. Repertório vocal da choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus Torquatus*) e seu papel na comunicação intraespecífica. **Programa de Iniciação Científica - PIC/UniCEUB**, Brasília, UniCEUB, v. 7, n. 1, 2022. ISSN 2595-4563. DOI: <https://doi.org/10.5102/pic.n0.2021.8988>. Disponível em: <https://publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/issue/view/283/showToc>.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. **Oficina de Texto**. 2007. Acesso em: Pearson, pears.9788586238543.

MORRIS-DRAKE, Amy; BRACKEN, Anna M.; KERN, Julie M.; RADFORD, Andrew N. Anthropogenic noise alters dwarf mongoose responses to heterospecific alarm calls.

**Environmental Pollution**, v. 223, p. 476-483, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.049>.

OSBRINK, Alison; MEATTE, Megan A.; TRAN, Alan; HERRANEN, Katri K.; MEEK, Lilliann; MURAKAMI-SMITH, May; ITO, Jacelyn; BHADRA, Some; NUNNENKAMP, Carrie; TEMPLETON, Christopher N. Traffic noise inhibits cognitive performance in a songbird. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 288, n. 1944, 03 fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2851>.

PARRIS, Kirsten M.; SCHNEIDER, Angela. Impacts of Traffic Noise and Traffic Volume on Birds of Roadside Habitats. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, 2008. Acesso em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art29/>.

PRICE, J. Jordan. Rethinking our assumptions about the evolution of bird song and other sexually dimorphic signals. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 3, 14 abr. 2015. Acesso em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2015.00040/full>.

R CORE TEAM. 2022. **R. A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org>.

RADFORD, Andrew N.; KERRIDGE, Emma; SIMPSON, Stephen D. Acoustic communication in a noisy world: can fish compete with anthropogenic noise? **Behavioral Ecology**, v. 25, n. 5, p. 1022-1030, 1 set. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/aru029>.

RESENDE, Donner Abreu de Lara; GONÇALVES, Laura Melo de Lima; DIAS, Raphael Igor. Efeito do ruído rodoviário no canto da choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*). **Programa de Iniciação Científica - PIC/UnICEUB**, Brasília, UniCEUB, v. 7, n. 1, 2022. ISSN 2595-4563. DOI: <https://doi.org/10.5102/pic.n0.2021.8946>. Disponível em: <https://publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/issue/view/283/showToc>.

SENZAKI, Masayuki; BARBER, Jesse R.; PHILLIPS, Jennifer N.; CARTER, Neil H.; COOPER, Caren B.; DITMER, Mark A.; FRISTRUP, Kurt M.; MCCLURE, Christopher J. W.; MENNITT, Daniel J.; TYRRELL, Luke P.; VUKOMANOVIC, Jelena; WILSON, Ashley A.; FRANCIS, Clinton D. Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent. **Nature**, v. 587, n. 7835, p. 605-60, 11 nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2903-7>.

SWEET, Kate A.; SWEET, B. P.; GOMES, Dylan G. E.; FRANCIS, Clinton D.; BARBER, Jesse R. Natural and anthropogenic noise increase vigilance and decrease foraging behaviors in song sparrows. **Behavioral Ecology**, v. 33, n. 1, p. 288-297, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/beheco/arab141>.

TILGAR, Vallo; HEIN, Kaarin; VIIGIPUU, Riin. Anthropogenic noise alters the perception of a predator in a local community of great tits. **Animal Behaviour**, v. 189, p. 91-99, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2022.05.001>.

TOLENTINO, Vitor Carneiro de Magalhães; BAESSE, Camilla Queiroz; MELO, Celine de. Dominant frequency of songs in tropical bird species is higher in sites with high noise pollution. **Environmental Pollution**, v. 235, p. 983-992, abr. 2018. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.045>.

WARE, Heidi E.; MCCLURE, Christopher J. W.; CARLISLE, Jay D.; BARBER, Jesse R. A phantom road experiment reveals traffic noise is an invisible source of habitat degradation.

**Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 39, p. 12105-12109. 31 ago. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1504710112>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION REGIONAL OFFICE FOR EUROPE. **Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe**. Copenhagen: [s.n.]. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>. Acesso em: 30 abr. 2022.

ZIMMER, K.; M.L. ISLER (2020). Rufous-winged Antshrike (*Thamnophilus torquatus*), version 1.0. In **Birds of the World** (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. DOI: <https://doi.org/10.2173/bow.ruwant2.01>.

ZOLLINGER, Sue Anne; PODOS, Jeffrey; NEMETH, Erwin; GOLLER, Franz; BRUMM, Henrik. On the relationship between, and measurement of, amplitude and frequency in birdsong. **Animal Behaviour**, v. 84, n. 4, out. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.04.026>.