ANÁLISE DA PAISAGEM ACÚSTICA EM UMA ÁREA URBANA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO E SEU IMPACTO NAS AVES

Autores: Ayla Maria Viana Dorigheto[1], Carolina Demetrio Ferreira[2].

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde/ Departamento de biologia, Alto Universitário, S/N – Guararema – 29500-000 – Alegre – ES, Brasil, ayla.dorigheto@edu.ufes.br, carolina.ferreira@ufes.br .

Resumo

A paisagem acústica urbana é composta por diferentes fontes sonoras que podem influenciar o uso do espaço acústico pelas aves. Este estudo teve como objetivo descrever a paisagem acústica de três localidades urbanas de Alegre - ES, com diferentes níveis de ruído, analisando a ocupação do espaço acústico por sons de antropofonia, geofonia e biofonia. Foram realizadas gravações de cinco minutos em cada área, analisadas no Raven Pro 1.6 para caracterizar as faixas de frequência das fontes sonoras. A influência do ruído sobre as vocalizações foi avaliada nas espécies presentes nas três áreas, considerando frequência e duração. Foram registrados sons de antropofonia e biofonia, sem ocorrência de geofonia, com 14 espécies de aves identificadas. Antropofonia e biofonia ocuparam maiores faixas de frequência na área de menor ruído. Quatro espécies ocorreram nas três áreas, apresentando diferentes respostas ao ruído, sendo *Passer domesticus* a menos afetada e *Pygochelidon cyanoleuca* a mais afetada. Conclui-se que a sobreposição entre sons antrópicos e biofônicos evidencia o compartilhamento do espaço acústico e que as espécies respondem diferentemente ao ruído urbano.

Palavras-chave: Bioacústica. Ecoacústica. Biofonia. Antropofonia. Ruído urbano.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas – Zoologia

Introdução

A ciência dedicada a compreender sinais acústicos titula-se bioacústica, e é capaz de processar informações ao nível de espécie ou do indivíduo e determinar aspectos ecológicos (Penar, *et al*; 2020). Dentro desse campo, a ecoacústica busca estudar o som em amplas escalas junto com a ecologia de populações, comunidades e paisagens, considerando o som como indicador de processos biológicos, em que os dados sonoros são interpretados junto com o contexto ecológico (Suer; Farina, 2015; Turlington, *et a.l*; 2024). A paisagem formada por elementos bióticos e abióticos integrada com a composição sonora compõe a paisagem acústica ou sonora, segundo Schafer (1977). Posteriormente, Krause (1987) categorizou esses sons de acordo com como são emitidos, sendo a biofonia o conjunto de sons produzidos pelos organismos vivos não humanos, a geofonia os sons abióticos produzidos pelo ambiente, como chuva e vento, e a antropofonia que se refere a todo som produzido pelo ser humano (Pijanowski, *et al.*; 2011; Desrochers; Proulx, 2017; Gasc, *et al*.; 2017).

O ambiente acústico é relevante para organismos de diferentes espécies, garantindo informações sonoras de diversos componentes ecossistêmicos (Farina, 2014). Esse ambiente é um recurso compartilhado entre as espécies de uma comunidade denominado espaço acústico, no qual os organismos desempenham diferentes funções de comunicação, e a utilização da frequência e das emissões de sinais podem ser influenciadas pelas características do organismo, pela estrutura do habitat e pelos demais sons do ambiente (Aide, *et al.*; 2017). Dessa forma, o espaço acústico é constituído por diferentes características dos sinais sonoros, como a frequência, duração e estrutura das vocalizações, demonstrando que a utilização desse espaço pode variar entre espécies e influenciar a possibilidade de sobreposição entre sinais (Luther, 2009).

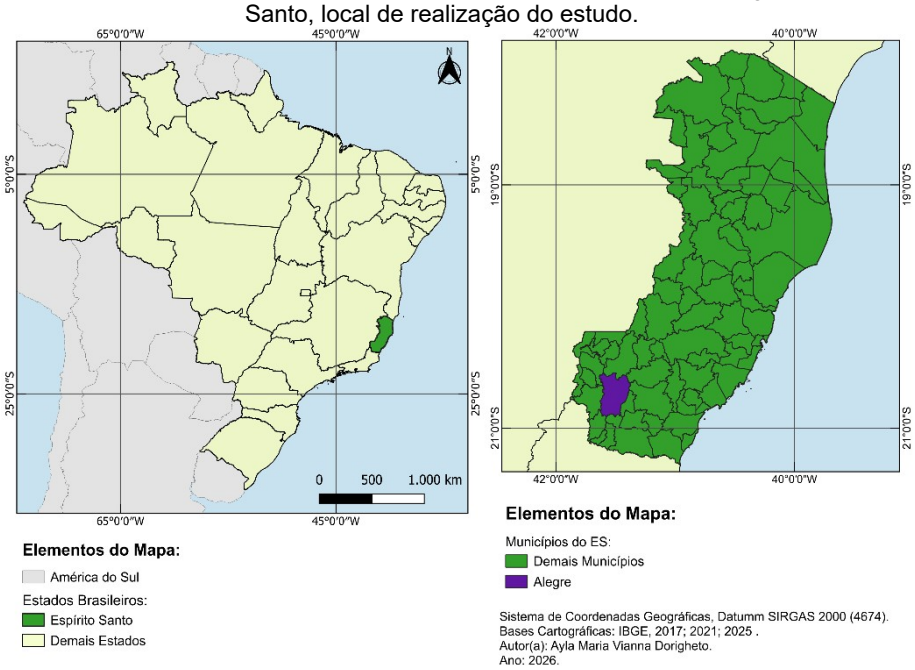
Para as aves, as vocalizações emitidas para manutenção territorial e conquista de parceiros, por exemplo, podem ser usadas para o monitoramento acústico da população. A comunicação acústica desse grupo é uma estratégia evolutiva importante relacionada com adaptações ecológicas específicas. Assim, esses animais podem ser considerados indicadores ecossistêmicos, devido sua vasta diversidade espacial, contribuindo para a avaliação do impacto humano na natureza (Bardeli, *et al.*; 2010; Porflitt; Rozzi, 2025).

O processo de urbanização acelerado tem contribuído para mudanças severas nos ecossistemas, dentre as consequências desse processo, destaca-se a poluição sonora (Seress; Liker, 2015). O ruído emitido no ambiente urbano é o que mais impacta a comunicação acústica das aves (Laiolo, 2010), pois a comunicação desses animais é mascarada, forçando mudanças das estratégias acústicas (Desrochers; Proulx, 2017; Gasc, *et al*.; 2017; Porflitt; Rozzi, 2025). A teoria de nicho ecológico proposta por Hutchinson (1957), na qual espécies ocupam um conjunto de condições ambientais que determinam sua ocorrência e distribuição, há muitas variáveis que atuam moldando a estrutura das comunidades. Em ambientes urbanos, o ruído antropogênico pode ser uma dessas variáveis, interferindo diretamente na comunicação sonora das aves (Liordos, *et al*.; 2021). Diante disso, este trabalho tem como objetivo descrever a paisagem acústica de três áreas urbanas do munícipio de Alegre – ES com diferentes níveis de ruído e analisar a influência do ruído urbano na comunicação sonora das aves.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Alegre, que faz parte da região do Caparaó, localizado no sul do estado do Espírito Santo (Figura 1). Foram selecionadas três localidades (áreas) de amostragem dentro da mancha urbana, caracterizados por diferentes níveis de ruído: alto, médio e baixo (Figura 2). A área 1, localizada no centro do município, apresenta um fluxo intenso de veículos e pessoas, além de atividades comerciais, sendo considerada área de maior ruído do estudo, com média de intensidade de sinal sonoro de -53,49 dB. A área 2, situada no campus da Universidade Federal do Espírito Santo, contém fluxo de pessoas e veículos, e áreas de convivência acadêmica, sendo considerada de ruído médio, com média de sinal sonoro de -61,62 dB. Já a área 3, localizada na periferia da mancha urbana e próxima da zona rural, apresenta menor fluxo humano e maior presença de áreas abertas, sendo caracterizada como de menor ruído da pesquisa, com valor de média de –81,69 dB.

Figura 1 – Mapa do estado do Espírito Santo com destaque para o município de Alegre, no estado do Espírito Santo, local de realização do estudo.



Fonte: Os autores (2026).

Figura 2 – Localização das áreas amostradas dentro do município de Alegre, no Espírito Santo. Área 1 é a de maior ruído urbano, a Área 2 de intensidade média de ruído, e a Área 3 a de menor ruído sonoro.



Fonte: Software Google Earth (2026).

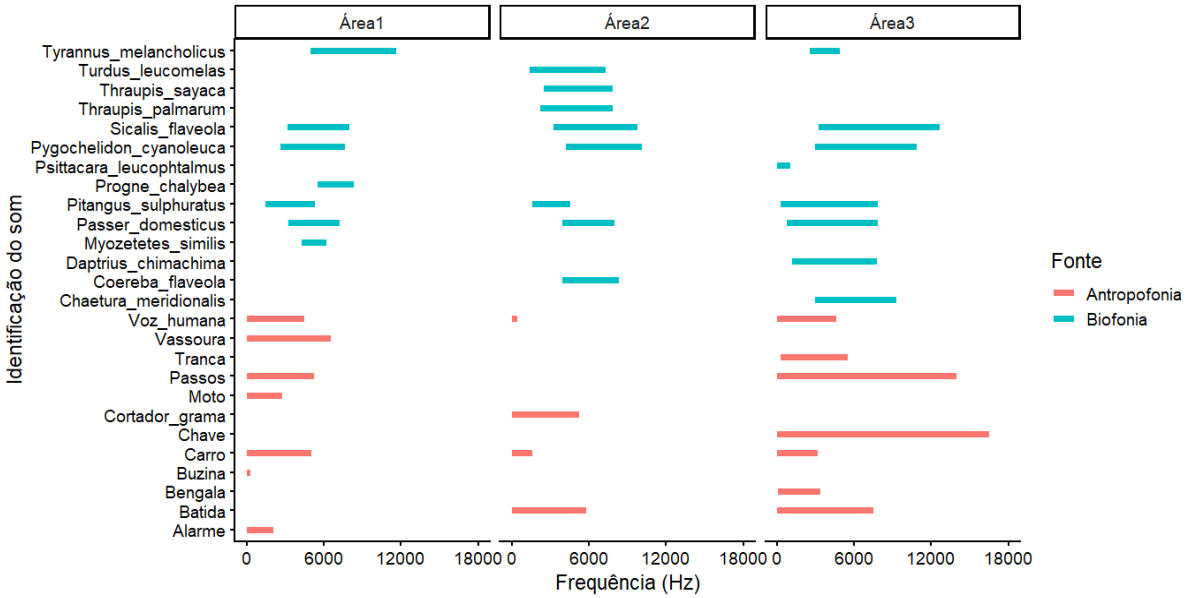
Em cada área foi feita uma gravação com duração de cinco minutos, todas iniciadas às 07h30, utilizando um gravador digital portátil Zoom e microfone omnidirecional. As gravações foram realizadas em formato wave, com taxa de amostragem de 48.000 Hz e resolução de 16 bit. Os arquivos sonoros foram analisados no software Raven Pro 1.6, gerados os espectrogramas, nos quais foram identificados os sinais acústicos referentes à fonte de biofonia, antropofonia e geofonia. Para os registros de antropofonia foram classificados de acordo com suas fontes sonoras (carro, voz humana e outros sons antrópicos) e para a biofonia, os tipos de animal e as espécies que vocalizaram. Como identificamos somente aves, os táxons foram identificados em nível de espécie. Não houve registros de sons de geofonia.

Para caracterizar a ocupação do espaço acústico, foram utilizados os parâmetros frequência 5% (*frequency* 5% no Raven) e frequência 95% (*frequency* 95% no Raven) como limites inferior e superior da faixa de frequência de cada seleção no espectrograma. Para determinar o nível de ruído das áreas estudadas foi utilizado o parâmetro densidade de potência média (*Average Power Density*, no Raven), em que foram realizadas cinco seleções em cada gravação de cada área, em trechos sem sinal acústico de antropofonia e biofonia, e calculada a média desses valores. A influência do ruído ambiente nos sinais acústicos das aves foi testada para as espécies de aves que ocorreram nas três áreas amostradas. Os dados dos parâmetros de frequência 5%, frequência 95% e duração da vocalização foram usados para verificar a correlação destas variáveis com o ruído do ambiente, medido pelo parâmetro densidade de potência média. Foi testada a normalidade dos dados e realizada uma análise de correlação de Spearman. Todas as análises estatísticas e os gráficos foram feitos utilizando o software R Studio.

Resultados

Foram registrados sons de biofonia e antropofonia nas três áreas amostradas, não sendo identificados sons de origem geofônica. Os sons de antropofonia foram de 12 tipos, sendo eles som de motor de veículos, alarme, buzina, moto, voz humana, passos, batida, som de bengala batendo no chão, vassoura, barulho de chave balançando, barulho de porta sendo trancada e cortador de grama. O carro, voz humana e som de batida foram registrados nas três áreas, apresentando diferentes extensões de frequência entre os pontos amostrados (Gráfico 1). Os demais tipos de antropofonia apresentaram distribuição restrita a uma ou duas áreas. Na área 1, foram registrados sons associados a diferentes atividades humanas, incluindo moto, buzina, alarme e som de vassoura, enquanto que o cortador de grama foi registrado apenas na área 2. Na área 3, foram observados, além dos sons comuns, registros de passos, chaves, tranca e bengala em contato com o chão. As fontes antropofônicas apresentaram faixas de frequência que se sobrepuseram às faixas ocupadas pela biofonia. A antropofonia ocupou uma faixa de frequência maior na área menos ruidosa em relação à área mais ruidosa.

Gráfico 1 – Ocupação do espaço acústico por registros de biofonia e antropofonia nas três áreas de amostragem, representada pelas respectivas faixas de frequência ocupadas.



Fonte: Os autores (2026).

Nos sons de biofonia, só foram identificados sons de aves, pertencentes à 14 espécies. Observa-se que houve uma maior faixa de frequência ocupada pelas aves no espaço acústico também na área de menor ruído. Há sobreposição das faixas de frequência dos sons evidenciando que esse espaço acústico é compartilhado com as atividades humanas.

Destas, quatro espécies ocorreram nas três áreas: *Sicalis flaveola* (Linnaeus, 1766) (canário-da-terra), *Pygochelidon cyanoleuca* (Vieillot, 1817) (andorinha-pequena-de-casa), *Pitangus sulphuratus* (Linnaeus, 1766) (bem-te-vi) e *Passer domesticus* (Linnaeus, 1766) (pardal) (Gráfico 1). A análise de correlação mostrou que para *P. domesticus* não sofre influência do ruído do ambiente nos seus parâmetros de frequência e de duração. Porém, *P. sulphuratus* teve correlação positiva significativa para a frequência F5% (r_2= 0,42; p<0,01), aumentando o valor desse parâmetro quando diminui o ruído. *Pygochelidon cyanoleuca e S. flaveola* foram as espécies que mais sofreram influência do ruído, com comportamento vocal de diminuir as frequências F5% e F95%, bem como aumentar a duração de suas vocalizações nas áreas menos ruidosas (barulhentas) (Gráfico 2). *Pygochelidon cyanoleuca* teve correlação negativa significativa para F5% (r_2= -0,63; p<0,0001), F95% (r_2= -0,77; p<0,0001) e correlação positiva significativa para Duração (r_2= 0,39; p<0,0001). Da mesma forma ocorreu para S. flaveola, também com correlação negativa significativa para as frequências F5% (r_2= -0,75; p<0,0001) e F95% (r_2= -0,74; p < 0,0001), e correlação positiva significativa para Duração (r_2= 0,22; p<0,05).

Assim, verifica-se que as espécies de aves respondem diferentemente ao ruído do ambiente, enquanto algumas espécies modulam seus sinais acústicos para poderem ser ouvidas em ambientes ruidosas, outras não sofrem influência do ruído, não apresentando variações nos parâmetros de suas vocalizações.

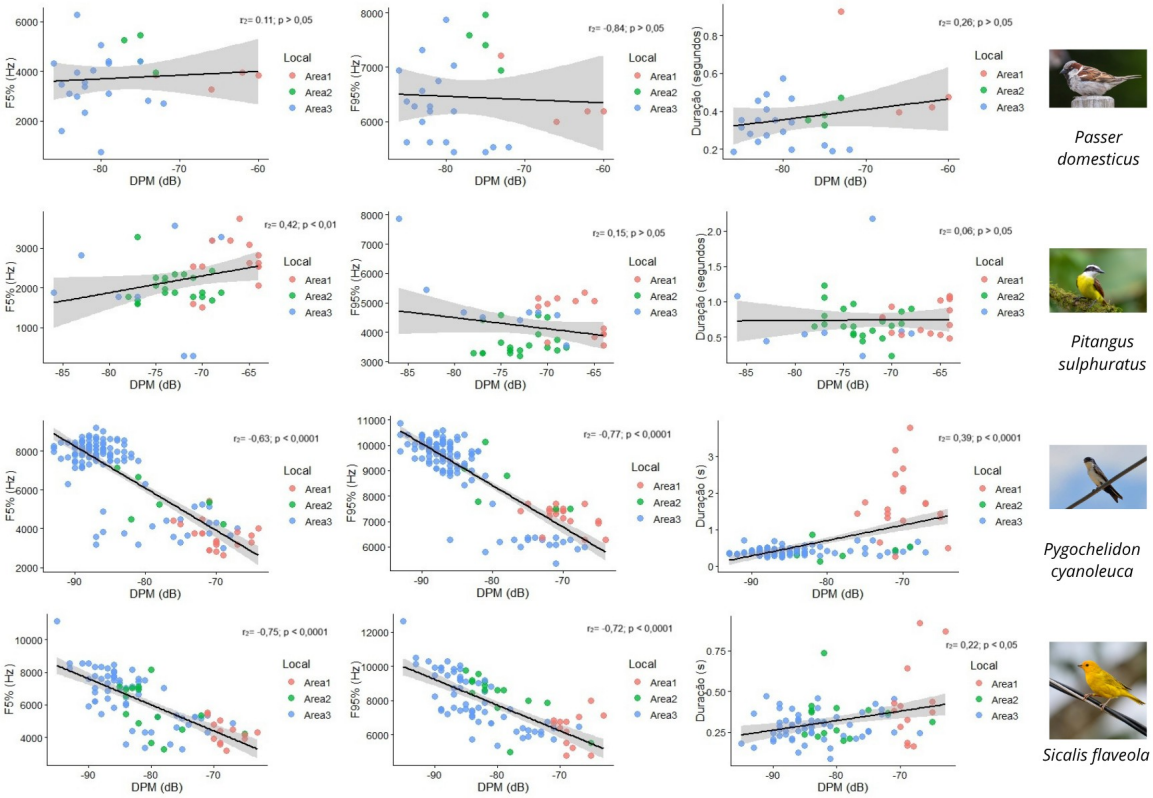
Discussão

A composição acústica registrada nas áreas da pesquisa foi caracterizada pela presença de sons de biofonia e antropofonia, sem registros de geofonia. Esse resultado condiz com o proposto por Pijanowski *et. al*. (2011), em que afirma que os sons presentes em uma paisagem são constituídos por diferentes fontes. Considerando que estudo foi feito em área urbana, verifica-se que as atividades humanas conferem uma parcela importante dos registros no presente trabalho.

Hao *et al*. (2024) verificaram que o ruído antrópico pode ocupar parte do espaço acústico utilizado pelas aves, principalmente em frequências baixas, alterando o nicho acústico. Dessa maneira, a presença de sons antrópicos em faixas semelhantes às utilizadas pelas aves pode dificultar a transmissão e a percepção dos sinais acústicos, representando um desafio para a comunicação dessas

espécies em ambientes urbanos, resultando em mascaramento das faixas de frequência dos sons de antropofonia e de biofonia.

Gráfico 2- Gráficos de correlação da influência do ruído do ambiente nas vocalizações de *Passer domesticus, Pitangus sulphuratus, Pygochelidon cyanoleuca* e *Sicalis flaveola*. O ruído foi obtido pelo valor de Densidade de potência média (DPM) que foi correlacionado com os valores de frequência 5% (F5%), frequência 95% (F95%) e duração da vocalização.



Fonte: Os autores (2026). Fotos: Canva e Licença creative common do Google.

Considerando essa sobreposição das faixas de frequência encontradas neste trabalho para a biofonia e antropofonia, verificou-se que algumas espécies alteram alguns parâmetros acústicos de suas vocalizações de modo que consigam transmitir seu sinal acústico em um ambiente ruidoso. *Sicalis flaveola* e *P. cyanoleuca* diminuíram os valores das frequências 5% e 95% menores em áreas de menor nível de ruído, e tiveram maior duração das vocalizações neste ambiente. Esses resultados condizem com o obtido por Bermúdez-Cuamatzin *et al.* (2011) com *Haemorhous mexicanus*, em que observaram que os indivíduos aumentaram a menor frequência de suas vocalizações em condições de maior ruído e reduziram esse parâmetro com a diminuição do ruído. Porém, *P. sulphuratus* comportou-se de forma diferente, aumentando os valores da frequência 5% nas áreas de menor ruído, e diminuindo nas de maior ruído. Hu e Cardoso (2010), que ao analisarem 12 espécies de aves em ambientes urbanos e não urbanos, verificaram diferenças na frequência mínima das vocalizações entre elas. E a espécie mais comum nas áreas urbanas, que é *Passer domesticus*, não sofreu influência do ruído do ambiente. Esses resultados demonstrando que as espécies de aves podem responder de forma diferente ao ruído do ambiente e a capacidade de modulação dos sinais acústicos para algumas espécies em resposta às condições sonoras do ambiente.

Conclusão

Conclui-se que a paisagem acústica tem sobreposição das faixas de frequência dos sons de antropofonia e biofonia nas áreas urbanas amostradas. Verificou-se que as espécies de aves respondem diferentemente ao ruído do ambiente, o que pode demonstrar uma plasticidade vocal maior

de algumas espécies. O estudo demonstra a relevância da caracterização acústica para compreender como as aves utilizam o espaço sonoro em ambientes urbanos.

Referências

AIDE, T. M. *et al*. A riqueza de espécies (de insetos) impulsiona o uso do espaço acústico nos trópicos. **Sensoriamento Remoto**, v. 9, n. 11, p. 1096, 2017.

BARDELI, R. *et al*. Detecting bird sounds in a complex acoustic environment and application to bioacoustic monitoring. **Pattern Recognition Letters**, v. 31, n. 12, p. 1524-1534, 2010.

BERMÚDEZ-CUAMATZIN, E. et al. Experimental evidence for real-time song frequency shift in response to urban noise in a passerine bird. **Biology letters**, v. 7, n. 1, p. 36, 2010.

DESROCHERS, A.; PAVANELLI, R.; PROULX, D. Acoustic masking of soniferous species of the St-Lawrence lowlands**. Landscape and Urban Planning**, [S.l.], v. 168, p. 31-37, 2017.

FARINA, A. Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications. **Springer**, 2014.

GASC, A.; FRANCOMANO, D.; DUNNING, J. B.; PIJANOWSKI, Bryan C. Future directions for soundscape ecology: The importance of ornithological contributions. **The Auk: Ornithological Advances**, [S.l.], v. 134, n. 1, p. 215-228, 2017. DOI: 10.1642/AUK-16-124.1.

HAO, Z. *et al*. Can urban forests provide acoustic refuges for birds? Investigating the influence of vegetation structure and anthropogenic noise on bird sound diversity. **Journal of Forestry Research**, v. 35, n. 1, p. 33, 2024.

HU, Y.; CARDOSO, C. Which birds adjust the frequency of vocalizations in urban noise?. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 4, p. 863-867, 2010.

LAIOLO, P. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation. **Biological conservation**, v. 143, n. 7, p. 1635-1645, 2010.

LUTHER, D. A influência da comunidade acústica nos cantos dos pássaros em uma floresta tropical neotropical. **Ecologia Comportamental**, v. 20, n. 4, p. 864-871, 2009.

PENAR, W.; MAGIERA, A.; KLOCEK, C. Aplicações da bioacústica na ecologia animal. **Complexidade ecológica**, v. 43, p. 100847, 2020.

PIJANOWSKI, B. C. *et al*. Ecologia da paisagem sonora: a ciência do som na paisagem. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 203-216, 2011.

PORFLITT, F.; ROZZI, R. Acoustic activity of birds across adjacent habitats in a sub-antartic forest: an exploratory ecoacoustic study in omora park. **Anales del Instituto de la Patagonia**, v. 53, n. 1, p. 1-15, 2025

SLABBEKOORN, H. Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. **Animal Behaviour**, v. 85, n. 5, p. 1089-1099, 2013.

SUEUR, J., Farina, A. Ecoacústica: a investigação ecológica e a interpretação do som ambiental. **Biosemiótica** 8, 493–502, 2015.

TURLINGTON, K. *et al*. Exploring the relationship between the soundscape and the environment: A systematic review. **Ecological Indicators**, v. 166, p. 112388, 2024.