

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – *CAMPUS* SOROCABA

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS

GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS BACHARELADO

STEPHANIE JIN LEE

**COLISÕES DE AVES EM ESTRUTURAS DE VIDRO NO *CAMPUS* DE SOROCABA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS:
UMA AMEAÇA QUE PERSISTE**

SOROCABA

2024

STEPHANIE JIN LEE

**COLISÕES DE AVES EM ESTRUTURAS DE VIDRO NO CAMPUS DE SOROCABA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS:
UMA AMEAÇA QUE PERSISTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Humanas e Biológicas, ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de São Carlos - *campus* Sorocaba, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Augusto João Piratelli

SOROCABA

2024

Jin Lee, Stephanie

Colisões de aves em estruturas de vidro no campus de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos: uma ameaça que persiste / Stephanie Jin Lee -- 2024. 113f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Augusto João Piratelli

Banca Examinadora: Alexander Vicente Christianini, Enzo Coletti Manzoli

Bibliografia

1. Colisões de aves em estruturas de vidro. 2. Mortalidade de aves. 3. Remoção de carcaças. I. Jin Lee, Stephanie. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano - CRB/8 6979

Folha de aprovação

Stephanie Jin Lee

“Colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos: uma ameaça que persiste”

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – *campus* Sorocaba

Sorocaba, 15 de Julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **AUGUSTO JOAO PIRATELLI**
Data: 15/07/2024 16:58:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador _____

Prof. Dr. Augusto João Piratelli

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDER VICENTE CHRISTIANINI**
Data: 15/07/2024 18:07:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro 1 _____

Prof. Dr. Alexander Vicente Christianini

Documento assinado digitalmente
 **ENZO COLETTI MANZOLI**
Data: 15/07/2024 17:10:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro 2 _____

MSc. Enzo Coletti Manzoli

Dedico este trabalho aos meus pais, os quais criaram as oportunidades que me permitiram estudar e seguir meus sonhos. Dedico também à pessoa que constrói esses sonhos ao meu lado e à cachorrinha que, agora, vive neles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu orientador Prof. Dr. Augusto João Piratelli, que com muita paciência e dedicação me guiou e me apoiou durante todo este trabalho, além disso, agradeço seus ensinamentos preciosos que foram muito importantes, não só para a minha carreira acadêmica, mas também para meu crescimento pessoal.

Aos meus pais, que cruzaram o mundo e sempre trabalharam muito para que eu pudesse ser feliz e ter uma educação de qualidade, um dia eu serei capaz de retribuir todos os sacrifícios que fizeram por mim, no meu diploma estão os seus nomes. Agradeço também à Dama, que foi a fonte de felicidade da nossa família por mais de 15 anos e está descansando agora.

Ao Guilherme, a pessoa que mudou minha vida para melhor logo no início dessa trajetória, que me mostrou que eu não preciso encarar tudo sozinha e esteve ao meu lado em todos os momentos, desde os mais doces aos mais amargos, nunca duvidando da minha capacidade.

Aos importantes colegas do Laboratório de Ecologia e Conservação (LECO), em especial ao Enzo, que sempre me ofereceu muita ajuda e muito suporte nas saídas de campo e nas análises estatísticas.

À minha preciosa amiga de mais de uma década, Anita, que se tornou a irmã que eu sempre sonhei e sempre esteve presente, tornando até os momentos mais difíceis, mais alegres. Às amigas inestimáveis que fiz durante a graduação, em que sua leveza e companheirismo transformaram as pedras desse caminho em diamantes.

Ao Parque Zoológico Municipal “Quinzinho de Barros” pelos estágios e pela parceria na realização das necropsias.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que financiou o projeto de Iniciação Científica (Processo 143576/2023-2) e à Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSCar (CEUA nº 2585121222 e CEUA nº 3048040324) que possibilitaram a realização deste trabalho.

À UFSCar e a todos os grandes professores que fizeram parte da minha formação.

*“Row your dreams beyond the parallel lines
Times of happiness fill the pockets of our hearts
No need to rush, you're doing fine
Just stay as you are
My journey starts with me”*

Seventeen

RESUMO

Estima-se que as colisões em vidraças são responsáveis pela morte de mais de um bilhão de aves somente na América do Norte. As colisões ocorrem devido à dificuldade das aves em interpretar a estrutura envidraçada como uma barreira intransponível, dada à refletividade e transparência dos vidros, além de fatores anatômicos e comportamentais. Entretanto, os estudos sobre esse tema no Brasil são escassos, o que é preocupante para a conservação, visto que o país possui a segunda maior diversidade de aves do mundo. Dessa forma, este trabalho visou detectar evidências de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e identificar os fatores que potencializam o número de colisões. Além disso, procuramos estimar o tempo de permanência das carcaças no ambiente e entender os efeitos negativos das colisões sobre as condições físicas das aves envolvidas nesses acidentes para complementar o monitoramento. Para o levantamento, foram coletados dados sobre o número de colisões por meio do monitoramento de evidências realizado a cada 2 - 3 dias. Adicionalmente, foram obtidas as características dos prédios e do seu entorno, bem como características da biologia das espécies envolvidas. Para analisar se existem diferenças no número de colisões em estruturas de vidro relacionadas à sazonalidade, às características dos prédios e de seu entorno e às características intrínsecas das espécies foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) e análises estatísticas univariadas. Para os ensaios experimentais de remoção, as carcaças de aves foram posicionadas ao redor dos edifícios e monitoradas para determinar a persistência média delas no ambiente e identificar as espécies responsáveis pela remoção. Ademais, procedimentos de necropsia e radiografias foram realizados para identificar as lesões causadas por esses acidentes. No total, foram coletadas 152 evidências de colisões durante o período de monitoramento, entretanto, não foi encontrada diferença estatística entre os números de colisões na estação chuvosa e seca. Além disso, nenhuma das variáveis morfológicas preditoras foi capaz de explicar a variabilidade encontrada no número de colisões entre espécies. Contudo, as áreas de vidro transparente, vidro total e vidro com película preta em metros quadrados foram as variáveis preditoras que melhor explicaram os números de colisões entre os edifícios e foi possível verificar uma correlação positiva entre a área dessas superfícies e o número de colisões. As carcaças tiveram uma permanência média de $110,69 \pm 196,06$ h no ambiente. Cinco espécies foram identificadas como responsáveis pela remoção: *Homo sapiens sapiens*, *Cariama cristata*, *Coragyps atratus*, *Canis lupus familiaris* e *Caracara plancus*. As necropsias e as radiografias revelaram que as lesões mais comuns

encontradas em indivíduos vítimas de colisões com estruturas de vidro foram fraturas, hematomas e hemorragias. Portanto, foi possível coletar evidências de colisões de aves em estruturas de vidro na UFSCar de Sorocaba, demonstrando que se trata de uma área de alto risco para esses acidentes, bem como discutir métodos de monitoramento e avaliar os efeitos deletérios destes acidentes à saúde das aves. Portanto, são necessárias medidas preventivas urgentes para reduzir o impacto dessa ameaça, geralmente fatal.

Palavras-chave: Antropização, Mortalidade da Avifauna, Conservação da Biodiversidade, Ecossistemas Urbanos, Ecologia Urbana.

ABSTRACT

It is estimated that collisions with glass panes are responsible for the death of over one billion birds in North America alone. These collisions mainly occur because birds have difficulty interpreting the glass structure as an impassable barrier due to the reflectivity and transparency of the glass, in addition to physiological, anatomical, and behavioral factors. However, studies on this subject in Brazil are still scarce, which is worrying for conservation, given that the country has the second highest diversity of birds in the world. Thus, this study aimed to detect evidence of bird-glass collisions on the Sorocaba campus of the Federal University of São Carlos (UFSCar) and identify the factors that increase the number of collisions. Additionally, we sought to estimate the persistence of bird carcasses in the environment and to understand the negative effects of collisions on the physical condition of birds involved in these accidents to complement the collision data. Data on the number of collisions were collected through regular monitoring in a one year time period. Furthermore, the characteristics of the buildings and their surroundings, as well as the biological characteristics of the species involved, were obtained. To analyze if there are differences in the number of collisions with glass structures related to seasonality, building characteristics, surroundings, and species characteristics, mixed generalized linear models (GLMMs) and univariate statistical analyses were performed. For the experimental removal trials, bird carcasses from collisions were placed around campus buildings and monitored to determine their average persistence in the environment and identify the species responsible for the removal. Additionally, necropsy procedures and X-rays were performed to identify the injuries caused by these accidents. In total, 152 pieces of evidence of collisions were collected during the monitoring period; however, no statistical difference was found between the number of collisions in the rainy and dry seasons. Moreover, none of the morphological predictor variables could explain the variability in the number of collisions among species. Nevertheless, the transparent glass area, total glass area and black glass area in square meters were the predictor variables that best explained the number of collisions between buildings, and a positive correlation between the area of these surfaces and the number of collisions was observed. Carcasses had an average persistence of 110.69 ± 196.06 hours in the environment. Five species were identified as responsible for carcass removal: *Homo sapiens sapiens*, *Cariama cristata*, *Coragyps atratus*, *Canis lupus familiaris* and *Caracara plancus*. Necropsies and X-rays revealed that the most common injuries found in individuals that collided with glass structures were fractures, cerebral hematomas, and cranial hemorrhages.

Thus, it was possible to collect evidence of bird collisions with glass structures at UFSCar Sorocaba, demonstrating that it is a high-risk area for these accidents. Additionally, methods of monitoring were discussed, and the deleterious effects of these accidents on bird health were evaluated. Therefore, urgent preventive measures are necessary to reduce the impact of this generally fatal threat.

Key-words: Anthropization, Avifauna Mortality, Biodiversity Conservation, Urban Ecosystems, Urban Ecology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa da área de estudo do projeto, o *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos incluindo a localização, os prédios selecionados para o monitoramento e a área de busca ao redor dos prédios por evidências de colisões de aves em estruturas de vidros.....20

Figura 2: Evidências de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Carcaça de uma fêmea de saí-azul (*Dacnis cayana*). (B) Pilha de penas remanescente de uma carcaça de pomba-doméstica (*Columba livia*). (C) Penas aderidas no vidro. (D) Sangue. (E) Contorno corporal.....24

Figura 3: Fluxograma dos métodos de coleta de evidências de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....25

Figura 4: Evidências de colisões de aves em estruturas de vidro coletadas durante o período de monitoramento (novembro de 2022 a novembro de 2023) no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Marca deixada por uma ave após a colisão em uma estrutura de vidro, na qual é possível observar a cabeça, o ventre, penas e duas asas. (B) Carcaça de um indivíduo macho de choca-da-mata (*Thamnophilus caerulescens*) vítima de colisão em vidraça. (C) Indivíduo de sanhaçu-cinzento (*Thraupis sayaca*) que sobreviveu após a colisão, é possível notar sangramento na cavidade oral. (D) Pilha de penas que restou de uma carcaça oriunda de colisão após ser consumida parcialmente.....32

Figura 5: Registros de colisões de aves com a superfície interna das estruturas de vidro dos edifícios do no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....33

Figura 6: Total (colunas cinza) do número de colisões de aves em estruturas de vidro mês durante todo o período de monitoramento (novembro de 2022 a novembro de 2023) no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....34

Figura 7: Comparação entre os números de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos em cada estação (A) somente com o levantamento realizado em 2022 e 2023 à esquerda e (B) adicionando os dados de Brisque *et al.* (2017) e de Ribeiro e Piratelli (2020) à direita.....35

Figura 8: Resultados gráficos dos modelos com significância estatística da análise de GLMMs do número total de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio. (A)

Correlação positiva entre a área de vidro total e o número de colisões por prédio. (B) Correlação positiva entre a área de vidro com película preta e o número de colisões por prédio. (C) Correlação positiva entre a área de vidro transparente e o número de colisões por prédio.....39

Figura 9: Carcaças de indivíduos de (A) pomba-avoante (*Zenaida auriculata*), (B) rolinha-roxa (*Columbina talpacoti*), (C) sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*) e canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) vítimas de colisões em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....40

Figura 10: Procedimento de posicionamento de carcaça e instalação da armadilha fotográfica para o ensaio experimental de remoção de carcaças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Seta vermelha: carcaça; seta azul: câmera; seta branca: sinalização...55

Figura 11: Espécies registradas interagindo com as carcaças durante os ensaios experimentais de remoção de carcaças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Humanos (*Homo sapiens sapiens*). (B) Seriema (*Cariama cristata*). (C) Urubu-preto (*Coragyps atratus*). (D) Carcará (*Caracara plancus*). (E) Cachorro-doméstico (*Canis lupus familiaris*). (F) Gato-doméstico (*Felis catus*).....58

Figura 12: Procedures carried in an individual of *Turdus leucomelas*. (a) External examination at a necropsy procedure. (b) Radiograph in ventrodorsal projection. (c) Radiograph in left laterolateral projection.....66

Figura 13: Radiographic images of the detected fractures (white arrows). (a) *Columbia talpacoti* with a coracoid fracture. (b) *Passer domesticus* with a skull fracture. (c) *Leptotila verreauxi* with a sternum fracture.....66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias de tipos de vidro considerados para a caracterização dos prédios do <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....	27
Tabela 2: Categorias de cobertura da terra considerados para a caracterização dos prédios do <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, seguindo Schneider <i>et al.</i> , 2018.....	27
Tabela 3: Modelos utilizados na análise de GLMM para avaliar a relação entre as características dos prédios e do entorno com o número de colisões de aves em vidraças no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, nos quais “y” representa Número de Colisões.....	28
Tabela 4: Modelos utilizados na análise de GLMM para avaliar a relação entre as características das espécies com o número de colisões de aves em vidraças no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, nos quais “y” representa Número de Colisões.....	30
Tabela 5: Número de colisões de aves em estruturas de vidro por fachada dos prédios amostrados no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....	35
Tabela 6: Número de colisões de aves em estruturas de vidro por tipo de vidro dos prédios amostrados no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....	36
Tabela 7: Desempenho dos GLMMs do número de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c). Os melhores modelos ($\Delta AIC_c < 2,0$) estão destacados em negrito.....	37
Tabela 8: Estimativas de parâmetros e valores de significância para os modelos potenciais do número de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio.....	38
Tabela 9: Desempenho dos GLMMs do número de colisões por espécie utilizando o critério de informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c). Os melhores modelos ($\Delta AIC_c < 2,0$) estão destacados em negrito.....	41
Tabela 10: Estimativas de parâmetros e valores de significância para os modelos potenciais do número de colisões por espécie.....	41

Tabela 11: Carcaças introduzidas para o ensaio experimental de remoção no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....56

Tabela 12: Post mortem analysis of birds collided with glass structures from March 2014 to June 2023 at the Federal University of São Carlos, Sorocaba, SP, Brazil.....67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. ÁREA DE ESTUDOS	19
CAPÍTULO 1: MONITORAMENTO DE COLISÕES DE AVES EM ESTRUTURAS DE VIDRO	21
1.1. INTRODUÇÃO	21
1.2. MATERIAL E MÉTODOS	22
1.2.1. Coleta de dados	22
1.2.2. Análise de dados	27
1.3. RESULTADOS	31
1.3.1. Número de colisões	31
1.3.2. Sazonalidade	33
1.3.3. Características dos prédios e seu entorno	35
1.3.4. Características das espécies	40
1.4. DISCUSSÃO	42
1.5. CONCLUSÕES	46
1.6 REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 2: ENSAIOS EXPERIMENTAIS SOBRE REMOÇÃO DE CARCAÇAS POR HUMANOS E ANIMAIS NECRÓFAGOS	53
2.1. INTRODUÇÃO	53
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	54
2.2.1. Coleta de dados	54
2.2.2. Análise de dados	55
2.3. RESULTADOS	56
2.4. DISCUSSÃO	59
2.5. CONCLUSÕES	60
2.6. REFERÊNCIAS	60
CAPÍTULO 3: ANÁLISES PÓS-MORTE: CONSEQUÊNCIAS DAS COLISÕES ÀS CONDIÇÕES DE SAÚDE DAS AVES	63
3.1. ARTIGO	63
3. CONCLUSÃO GERAL	73
4. REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A - Características dos prédios amostrados no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.	78

APÊNDICE B - Cobertura da terra no entorno (50 m) dos prédios amostrados no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.	79
APÊNDICE C - Informações sobre cada espécie vítima de colisões em estruturas de vidro no <i>campus</i> de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.....	80
ANEXO A - Regras de formatação para submissão da revista <i>Ornithology Research</i>. Fonte: https://link.springer.com/journal/43388/submission-guidelines.....	82

1. INTRODUÇÃO GERAL

As atividades antrópicas têm alterado os ecossistemas de forma a não existirem mais ambientes naturais considerados intocados; nenhum ecossistema terrestre está livre da influência humana (Macgregor-Fors; Escobar-Ibáñez, 2017; Vitousek *et al.*, 1997). Associada a essas atividades, o crescimento populacional e o êxodo rural no século XXI, foram importantes fatores que influenciaram na expansão das áreas urbanizadas para atender às demandas de habitação (Gómez-Martínez *et al.*, 2019; Uribe-Morfin *et al.*, 2021). Assim, a expectativa é de que a cobertura urbana triplique em extensão entre os anos 2000 e 2030 (Seto *et al.*, 2012).

A urbanização é considerada um tipo de modificação antrópica persistente que continua a expandir e ameaçar outros ecossistemas, sendo irreversível na escala de tempo humana (Mckinney, 2002; Seto *et al.*, 2011). Esse cenário impacta negativamente a fauna, principalmente, devido à perda e isolamento de habitats, levando consequentemente ao aumento das taxas de extinção das espécies nativas (Marzluff, 2001; Mckinney, 2006). Além disso, o aumento do número de infraestruturas humanas resultantes da urbanização pode ser um distúrbio ambiental significativo, especialmente para a fauna voadora, como as aves (Drewitt; Langstone, 2008; Rebollo-Ifrán *et al.*, 2019); as quais enfrentam um crescente conflito no espaço aéreo, pois ficam expostas a uma sobreposição de barreiras antropogênicas em que elas podem colidir (Lambertucci *et al.*, 2015).

As colisões com estruturas humanas (i.e., prédios, automóveis, aviões, torres de comunicação, turbinas eólicas e linhas de transmissão) são uma das principais causas antropogênicas diretas (relação clara de causa e efeito) da mortalidade de aves no mundo (Erickson *et al.*, 2005; Loss *et al.*, 2015). Ademais, o aumento no número de construções após a segunda guerra mundial estimulou a indústria de painéis de vidro; os quais se tornaram populares nos projetos urbanos (Klem-Jr, 2015). Logo, as colisões de aves em vidraças da infraestrutura urbanizada passaram a ser comuns, representando a segunda maior fonte humana de fatalidades desse grupo (Klem-Jr, 2009).

Estima-se que esses acidentes sejam responsáveis pela morte de mais de um bilhão de aves anualmente somente na América do Norte (Elmore *et al.*, 2020; Klem-Jr *et al.*, 2024; Loss *et al.*, 2014; Machtans *et al.*, 2013). As colisões em vidraças estão relacionadas, principalmente, à dificuldade das aves em visualizar e perceber os painéis de vidro transparentes como uma barreira intransponível (Fornazari *et al.*, 2021). Isso ocorre porque,

durante o dia, quando a luminosidade no ambiente externo é maior que o ambiente interno, os vidros transparentes ou com cor refletem a paisagem ao redor, como a vegetação ou o céu, fazendo com que as aves interpretem a reflexão nos vidros como extensões do habitat ou áreas abertas para voo, resultando nas colisões (Emerson *et al.*, 2022; Hager *et al.*, 2013; Klem-Jr, 1989).

Além disso, as aves podem colidir quando um corredor envidraçado está em sua trajetória de voo, presumindo que é uma passagem livre para o habitat e/ou céu que está do outro lado (Klem-Jr, 2006). As colisões ocorrem também durante a noite, quando as aves migratórias noturnas voam em alturas menores, devido a condições meteorológicas, e são atraídas pela luz artificial do ambiente urbano, ainda mais por edifícios que emitem muita luz através de grandes superfícies de vidro (Parkins *et al.*, 2015). Elas podem ficar circulando na região iluminada e não conseguem sair por desorientação, o que pode resultar em colisões (Hager *et al.*, 2017; Longcore; Rich, 2004; Winger *et al.*, 2019).

Fatores anatômicos, fisiológicos e comportamentais das aves também podem dificultar a detecção de obstáculos de vidro na sua trajetória de voo, potencializando acidentes como colisões em essas estruturas (Martin, 2011). Por exemplo, os olhos das aves são posicionados lateralmente à cabeça, a cobertura da visão frontal é estreita e mais utilizada para atividades de curta distância. Ademais, as regiões da retina com maior resolução e discriminação de cor se projetam lateralmente e não na direção frontal (Martin, 2011). Logo, a visão lateral é preferencialmente utilizada pelas aves para localização de predadores, de indivíduos da mesma espécie e de alimentos. Essas atividades podem ser muito mais importantes para uma ave do que o que está à sua frente durante o voo (Fernandez-Juricic *et al.*, 2004; Rogers, 2008).

Fica evidente que as colisões de aves em vidraças são uma ameaça global (Elmore *et al.*, 2020; Kim *et al.* 2013; Mitrus; Zbyryt 2018; Santos *et al.* 2017; Sheng *et al.* 2024). Contudo, os trabalhos sobre esse tema são mais numerosos e bem estabelecidos na América do Norte, enquanto os estudos de países da região Neotropical, como o Brasil (Brisque *et al.*, 2017; Ribeiro; Piratelli, 2020; Santos *et al.*, 2017), são escassos. Isso se mostra como algo preocupante para a conservação, visto que mais de 80% da população brasileira vive no ambiente urbano o país apresenta uma das maiores riquezas em espécies de aves no planeta e as colisões podem estar contribuindo na redução das populações (Basilio *et al.*, 2020; Develey, 2021; IBGE, 2022).

Tendo em vista o supracitado, este trabalho visou continuar a detecção de evidências de colisões de aves em superfícies de vidro de quatorze prédios do *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em Sorocaba, SP, utilizando, além da tradicional busca por carcaças, outros métodos inéditos no Brasil (i.e., manchas nos vidros, observações e pilhas de penas) para obter um número de registros mais próximo da realidade e identificar os fatores que potencializam o número de colisões. Além disso, procuramos entender mais sobre a remoção das carcaças e também sobre os efeitos deletérios das colisões sobre as condições físicas das aves envolvidas nesses acidentes. Assim, este trabalho vai contribuir não só para a identificação de locais mais vulneráveis a colisões de aves em estruturas de vidro, abrindo perspectivas para priorizar métodos preventivos que nem sempre podem ser aplicados em toda área de estudo por conta de custos e logística, mas também contribuir com os dados brasileiros para subsidiar políticas públicas de redução deste impacto.

O presente trabalho foi dividido em três seções principais. O capítulo 1 tem foco no monitoramento de evidências de colisões na UFSCar, *campus* Sorocaba, e na identificação de fatores ambientais e biológicos envolvidos nesses acidentes. O capítulo 2 descreve os ensaios experimentais sobre remoção de carcaças e os organismos envolvidos nessa interação. Por fim, o capítulo 3 descreve e discute as lesões encontradas em carcaças de aves resultantes das colisões. Este trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSCar sob os protocolos CEUA nº 2585121222 e CEUA nº 3048040324.

2. ÁREA DE ESTUDOS

O trabalho foi desenvolvido no *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), localizado no sudoeste do município de Sorocaba, estado de São Paulo (Coordenadas UTM: 242.352,25 m E; 7.389.774,83 m S, Zona 23 K). O *campus* apresenta cerca de 70 hectares de extensão e 48 mil m² de área construída (Brisque *et al.*, 2017). A paisagem é composta por dezessete edifícios, pastagens abandonadas, corpos d'água, fragmentos de Cerrado e de floresta estacional semidecídua secundária de Mata Atlântica (Ceschi-Bertoli *et al.*, 2020; Viviani *et al.*, 2010). O clima é tropical úmido-seco e é caracterizado por uma estação seca de abril a setembro e uma estação chuvosa de outubro a março (Cruz; Piratelli, 2011).

Os quatorze edifícios selecionados para a realização do monitoramento foram: Ambulatório, Aulas Teóricas 1 (AT1), Aulas Teóricas 2 (AT2), Aulas Teóricas e Laboratórios (ATLab), Biblioteca, Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia (CCGT), Centro de Ciências Humanas e Biológicas (CCHB), Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade (CCTS), Laboratórios Didáticos e de Pesquisa 1 e 2 (FINEP 1 e 2), Laboratórios de Pesquisa 3 e 4 (FINEP 3 e 4), Gestão Administrativa (GAD), Manutenção, Pontos de Ônibus e Restaurante Universitário (RU), como pode ser visto na Figura 1.

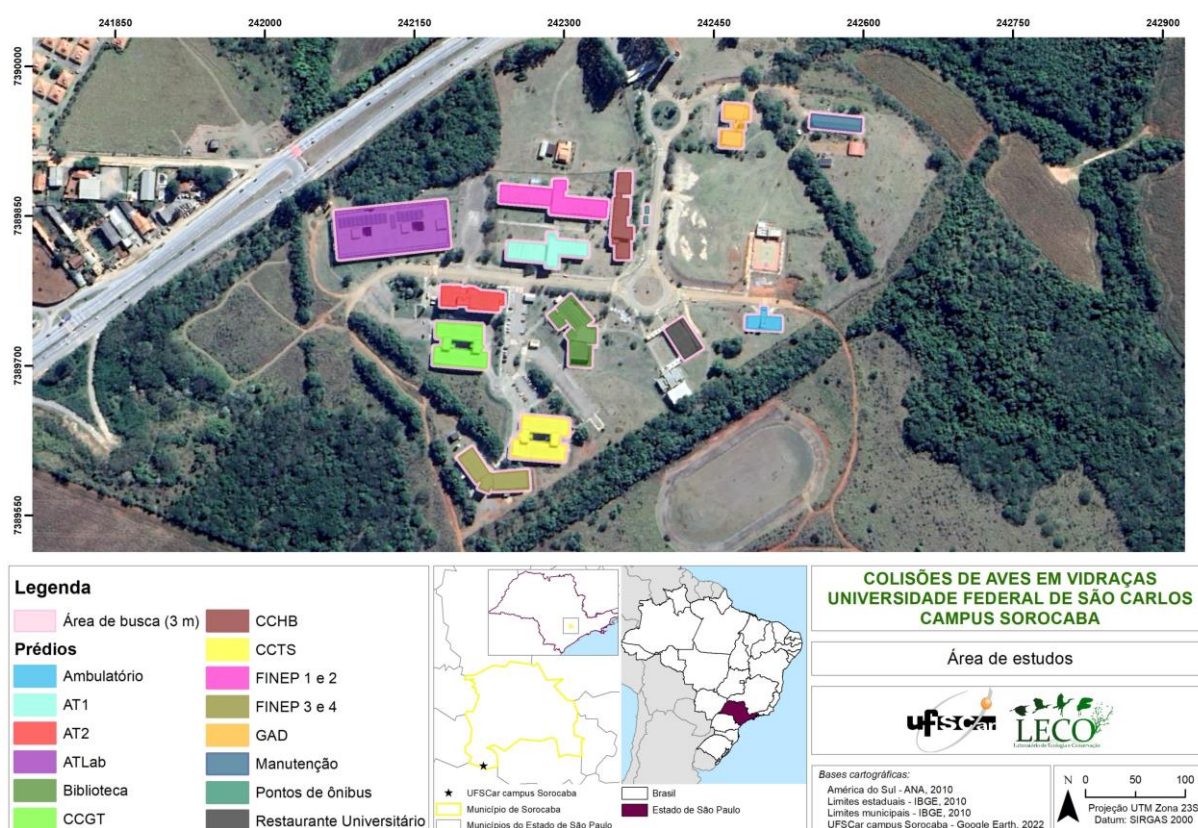


Figura 1: Mapa da área de estudo do projeto, o *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos incluindo a localização, os prédios selecionados para o monitoramento e a área de busca ao redor dos prédios por evidências de colisões de aves em estruturas de vidros. Fonte: S. J. L.

CAPÍTULO 1: MONITORAMENTO DE COLISÕES DE AVES EM ESTRUTURAS DE VIDRO

1.1. INTRODUÇÃO

As aves colidem com as estruturas de vidro de todos os tamanhos, de prédios de diferentes formatos e alturas, ao longo do dia e de todas as estações do ano e também em todas as condições meteorológicas (Klem-Jr, 2014). Entretanto, diversos fatores podem potencializar o número de colisões (Machtans *et al.*, 2013). A sazonalidade é um fator marcante, principalmente na América do Norte, onde existe um aumento no número de colisões durante os períodos migratórios de primavera e outono (Borden *et al.*, 2010; Ocampo-Peñuela *et al.*, 2016). No Brasil, esse padrão não tem sido observado, possivelmente devido às diferenças climáticas entre as zonas, em virtude da sazonalidade não ser tão pronunciada na região tropical (Basilio *et al.*, 2020; Brisque *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2017; Fornazari *et al.*, 2021).

Além da sazonalidade, algumas características dos prédios podem torná-los mais suscetíveis às colisões, por exemplo, a altura, a superfície envidraçada, o tipo de vidro e a cobertura da terra do entorno também são fatores determinantes de colisões (Gómez-Martínez *et al.*, 2019; Riding *et al.*, 2020; Schneider *et al.*, 2018). Em relação às características das espécies, existe uma tendência de colisões de indivíduos machos devido ao comportamento territorial e reprodutivo e de espécies residentes (Fornazari *et al.*, 2021; Hager; Craig, 2014; Menacho-Odio *et al.*, 2019). Por fim, condições meteorológicas que favorecem migrações noturnas, como noites consecutivas de ventos vindos do sul e a intensidade de luz que reflete nos vidros também podem contribuir para aumentar o número de colisões (Emerson *et al.*, 2022; Lao *et al.*, 2023).

A hipótese deste trabalho é de que existem diferenças, não ao acaso, no número de colisões em estruturas de vidro relacionadas a fatores ambientais, incluindo sazonalidade e características dos prédios e de seu entorno, além das características intrínsecas das espécies, na área de estudo. As previsões são: (1) A frequência das colisões de aves em superfícies de vidro é maior na estação chuvosa (Fornazari *et al.*, 2021; Kahle *et al.*, 2016; Uribe-Morfin *et al.*, 2021; Wikelski *et al.*, 2000). (2) As colisões são mais frequentes em edifícios mais altos, com maior área envidraçada, maior área de vidro transparente e maior área de vegetação no entorno (Barton *et al.*, 2017; Elmore *et al.*, 2021; Hager *et al.*, 2017; Rebollo-Ifrán *et al.*, 2019; Riding *et al.*, 2020; Schneider *et al.*, 2018; Żmihorski *et al.*, 2022). (3) Os grupos de aves

mais suscetíveis às colisões em vidraças são os machos (Fornazari *et al.*, 2021; Hager; Craig, 2014; Kahle *et al.*, 2016); as espécies residentes (Brisque *et al.*, 2017; Menacho-Odio *et al.*, 2019; Ribeiro; Piratelli, 2020; Santos *et al.*, 2017); as espécies de voo rápido, corpo pesado e asas pequenas, como as da família Columbidae (Bevanger, 1999; MacDonald, 2023; Rayner, 1988); e as aves com caudas mais curtas em relação à asa (Balmford, 1995).

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1. Coleta de dados

1.2.1.1. Evidências de colisões

Para a coleta de evidências de colisões de aves em estruturas de vidro, o monitoramento foi desenvolvido do dia 28 de novembro de 2022 ao dia 29 de novembro de 2023, a cada 2 - 3 dias, ao redor dos quatorze prédios do campus, a fim de contemplar todas as variações sazonais anuais (Hager; Craig, 2014). O percurso era de aproximadamente 4 km, cobrindo uma área de cerca de 30 mil m², com uma duração de 90 a 120 minutos. No total, o esforço amostral foi de 140 dias (560 km), 75 dias (300 km) durante a estação chuvosa e 65 dias (260 km) durante a estação seca, com uma média de $11,5 \pm 1,17$ dias por mês.

O monitoramento foi realizado caminhando ao redor de cada prédio, coletando as evidências de colisões, buscando também ao redor e dentro de arbustos ou embaixo de bancos e lixeiras ao redor dos edifícios (Riding *et al.*, 2020; Schneider *et al.*, 2018). A fim de evitar o viés de tempo e percepção direcional, a cada dia do monitoramento, a direção ao redor do prédio era alternada nos sentidos horário e anti-horário; além disso, após o mesmo percurso ser monitorado em ambos os sentidos, os prédios de início e fim do percurso eram invertidos e o mesmo processo se repetiu até o final do período de monitoramento (Barton *et al.*, 2017; Loss *et al.*, 2019).

As evidências consideradas como resultantes de colisões de aves em vidraças foram carcaças inteiras, parciais ou pilhas de penas que indicavam carcaças consumidas por animais necrófagos (Figura 2A e 2B), sendo que essas evidências deviam estar a uma distância máxima 3 metros da superfície envidraçada, para diferenciá-las de predação (Hager; Craig, 2014; Zysk-Gorczyńska; Żmihorski, 2022). Para serem incluídas nos dados, as pilhas continham no mínimo dez penas dentro de uma área de diâmetro 0,5 m (de Groot *et al.*,

2022). Além disso, também foram consideradas observações em tempo real e marcas de colisões de aves nas vidraças dos edifícios que podem claramente ser distinguidas de outras marcas comuns, ou seja, possíveis de observar penas, sangue ou contorno corporal das aves (Zyśk-Gorczyńska; Żmihorski, 2022) (Figura 2C, 2D e 2E). As marcas de colisões nas vidraças identificadas logo acima de uma carcaça ou pilha de penas foram consideradas a mesma ocorrência e não foram contabilizadas separadamente (Barton *et al.*, 2017).



Figura 2: Evidências de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Carcaça de uma fêmea de saí-azul (*Dacnis cayana*). (B) Pilha de penas remanescente de uma carcaça de pomba-doméstica (*Columba livia*). (C) Penas aderidas no vidro. (D) Sangue. (E) Contorno corporal. Fonte: S. J. L.

Ao encontrar uma carcaça, ela era fotografada em visão geral em relação à superfície envidraçada, em vista dorsal, ventral e lateral, com uma régua ao lado para a escala apropriada (Hager; Cosentino, 2014). Além disso, eram registrados os dados sobre a localização da carcaça, a face do prédio, e o tipo de vidro com que a ave colidiu, quando possível. Posteriormente, a carcaça era armazenada em um saco hermético; etiquetada com os seguintes dados: edifício, número de identificação, data, nome do coletor, espécie, massa (g), comprimento total (cm), tamanho da asa (cm) e tamanho da cauda (cm); e depositada em freezer (Ocampo-Peñuela *et al.*, 2016). Em relação às pilhas de penas, o mesmo procedimento de armazenamento era realizado. Ao encontrar uma mancha de colisão na vidraça, ela era fotografada e removida, quando possível. Eram realizados registros sobre a data, a localização da vidraça que ocorreu a colisão, a face do prédio, o tipo de vidro e o que podia ser identificado da marca para distingui-la de outras manchas comuns. Uma síntese da coleta de evidências pode ser observada na Figura 3.

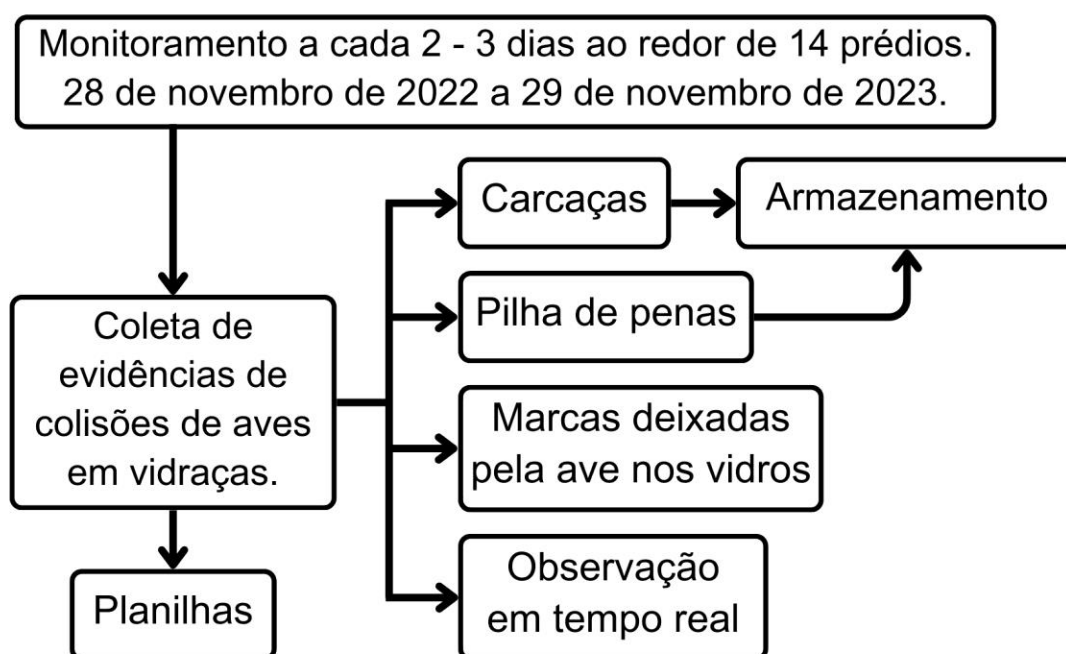


Figura 3: Fluxograma dos métodos de coleta de evidências de colisões de aves em estruturas de vidro no vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

1.2.1.2. Sazonalidade

Para testar os efeitos da sazonalidade, as evidências de colisões obtidas foram agrupadas em uma planilha em duas categorias de acordo com a sua data de registro durante as coletas: estação seca (abril a setembro) ou estação chuvosa (outubro a março) (CEPAGRI, 2016).

1.2.1.3. Características dos prédios e seu entorno

Para testar os efeitos das características dos prédios, as evidências de colisões coletadas foram organizadas em uma planilha, relacionando o número de colisões com cada prédio e o tipo de vidro em que as colisões ocorreram. Os dados de altura (m), de área construída (m²), de área de vidro de cada edifício (m²), da área envidraçada relativa à fachada (%) e da área dos diferentes tipos de vidro de cada edifício (m²) amostrado foram obtidas através das plantas arquitetônicas fornecidas pela administração do *campus* e por levantamentos em campo com auxílio de uma trena à laser BOSCH® GLM 50 Professional. Os tipos de vidro considerados para a caracterização estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Categorias de tipos de vidro considerados para a caracterização dos prédios do *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Tipo de vidro	Descrição
Transparente	Superfície com nenhuma opacidade, permite facilmente a entrada de luz
Adesivos circulares	Superfície com adesivos circulares de 1,8 cm de diâmetro em um espaçamento de 10 cm
Refletivo	Superfície com uma camada metalizada que reflete o exterior
Com película preta	Superfície refletiva e com uma película preta para proteção contra a luminosidade e controle térmico
Com película laranja	Superfície refletiva e com uma película laranja para proteção contra a luminosidade e controle térmico
Opaco	Superfície com película externa sem transparência ou refletividade, não permite a entrada de luz
Translúcido	Superfície com película que permite a passagem de luz difusa

Para analisar os efeitos do entorno de cada edifício, com auxílio da ferramenta de cálculo de área de polígono do ArcMap 10.5, a cobertura da terra (m²) a uma distância de 50 m de cada face dos quatorze prédios foi vetorizada e caracterizada (Tabela 2).

Tabela 2: Categorias de cobertura da terra considerados para a caracterização dos prédios do *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, seguindo Schneider *et al.*, 2018. Fonte: S. J. L.

Cobertura da terra	Descrição
Gramado	Ausência de árvores e presença apenas de gramíneas.
Vegetação	Presença de árvores com formação de dossel contínuo
Árvores espalhadas	Presença de árvores isoladas
Construções	Presença de estruturas humanas edificadas
Superfície impermeável	Presença de substrato que impede ou dificulta a infiltração da água (i.e. concreto, asfalto, cimento)

1.2.1.4. Características das espécies

Para testar o efeito das características intrínsecas das espécies sobre a sua susceptibilidade às colisões, as carcaças íntegras foram pesadas (g) com auxílio de balanças de mola PESOLA[®] e o comprimento total do corpo, o tamanho da asa e da cauda foram medidos utilizando uma régua em centímetros. Posteriormente, as carcaças foram identificadas em nível de espécie e os dados morfológicos determinados foram organizados em uma planilha junto à idade e classificação da espécie como migratória ou residente, com base em Pacheco *et al.* (2021), Piacentini *et al.* (2017) e Somenzari *et al.* (2018). O sexo das carcaças foi obtido, quando possível, por meio do dimorfismo sexual e de necropsias realizadas pela equipe veterinária do Parque Zoológico Municipal “Quinzinho de Barros”, localizado no Município de Sorocaba, estado de São Paulo (Coordenadas UTM: 251.107,92 m E; 7.398.427,27 m S, Zona 23 K).

1.2.2. Análise de dados

1.2.2.1. Dados de Sazonalidade

Para verificar se existe diferença entre as estações, a análise estatística foi realizada por meio do *software* Past 4.15, aplicando o teste de Shapiro-Wilk (W) para normalidade e, posteriormente, o teste-t para duas amostras independentes (Santos *et al.*, 2017). Após realizar os testes apenas com o número de colisões obtidos neste estudo, foram

adicionados os dados de levantamentos prévios (Brisque *et al.*, 2017; Ribeiro; Piratelli, 2020) à análise para verificar se, com o aumento das amostras, existe a confirmação ou não da diferença significativa no número de colisões de aves entre as estações seca e chuvosa na área de estudo.

1.2.2.2. Dados de características dos prédios e seu entorno

Para detectar se há diferenças significativas entre o número de colisões entre as fachadas e entre os tipos diferentes de vidro, foi utilizado o *software* Past 4.15, aplicando o teste de Shapiro-Wilk (W) para normalidade e, em seguida, o teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney (U). Posteriormente, para avaliar a relação entre as características dos prédios e do entorno com o número de colisões de aves em vidraças, foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMMs), por meio do *software* RStudio, R 4.4.1, pacote *glmmTMB* (Brooks *et al.*, 2017). Os prédios foram a variável aleatória (*Buildings*); a variável resposta foi o número total de colisões por prédio (*collisions*) e as variáveis preditoras foram: altura (*height_m*), área construída (*buildings_m²*), área de superfície envidraçada (*glass_m²*), a área envidraçada relativa à fachada (*glass_facade*), as áreas dos diferentes tipos de vidro dos edifícios que tiveram registros de colisões (*transparent_glass*, *decal_glass*, *mirrored_glass*, *black_glass*, *orange_glass*) e as áreas das coberturas do entorno (*surrounding_veg*, *exposed_habitat*, *tree_m²*, *impervious_surface*, *structures_m²*).

Primeiramente, os dados numéricos foram transformados em logaritmo e a normalidade dos dados foi testada com o teste de Shapiro-Wilk para escolher de forma adequada as distribuições utilizadas nos modelos. O Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c) foi utilizado para avaliar o suporte relativo de cada modelo, sendo apenas os modelos com $\Delta AIC_c < 2,0$ considerados como potenciais modelos preditores (Burnham; Anderson, 2004). Foram construídos os modelos de variável isolada e, somente as três variáveis com os menores valores de ΔAIC_c foram escolhidas para construir os modelos aditivos e interativos (Tabela 3) (Riding *et al.*, 2020). A partir disso, foi avaliada a contribuição de cada modelo potencial para a variável resposta. O peso de Akaike ($wAIC$) também foi calculado para cada modelo.

Tabela 3: Modelos utilizados na análise de GLMM para avaliar a relação entre as características dos prédios e do entorno com o número de colisões de aves em vidraças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, nos quais “y” representa Número de Colisões. Fonte: S. J. L.

Número	Variável resposta	Modelo
M0b		1 random (Prédios)
M1b		Altura random (Prédios)
M2b		Área de Vidro random (Prédios)
M3b		Área Construída random (Prédios)
M4b		Relação entre Vidro e Fachada random (Prédios)
M5b		Vidro Transparente random (Prédios)
M6b		Vidro com Adesivos random (Prédios)
M7b		Vidro Espelhado random (Prédios)
M8b		Vidro com Película Preta random (Prédios)
M9b		Vidro com Película Laranja random (Prédios)
M10b		Vegetação random (Prédios)
M11b		Gramado random (Prédios)
M12b	Número de Colisões ~	Árvores Espalhadas random (Prédios)
M13b		Superfície Impermeável random (Prédios)
M14b		Construções random (Prédios)
M2_5b		Área de Vidro + Vidro Transparente random (Prédios)
M2_8b		Área de Vidro + Vidro com Película Preta random (Prédios)
M5_8b		Vidro Transparente + Vidro com Película Preta random (Prédios)
M2_5_8b		Área de Vidro + Vidro Transparente + Vidro com Película Preta random (Prédios)
M2_5ba		Área de Vidro * Vidro Transparente random (Prédios)
M2_8ba		Área de Vidro * Vidro com Película Preta random (Prédios)
M5_8ba		Vidro Transparente * Vidro com Película Preta random (Prédios)
M2_5_8ba		Área de Vidro * Vidro Transparente * Vidro com Película Preta random (Prédios)

1.2.2.3. Dados de características das espécies

Para comparar o sexo dos indivíduos vítimas das colisões foi utilizado o *software* Past 4.15, aplicando o teste de Shapiro-Wilk (W) para normalidade e, em seguida, o teste de Mann-Whitney (U).

Posteriormente, para avaliar a relação entre as características intrínsecas das espécies e o número de colisões de aves em vidraças, foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMM), por meio do *software* RStudio, R 4.4.1, pacote *glmmTMB* (Brooks *et al.*, 2017). As espécies (*Species*) foram a variável aleatória; a variável resposta foi o número total de colisões por espécie (*collisions*) e as variáveis preditoras foram: status de ocorrência (*occurrence*), massa (*mass*), tamanho da asa (*wing*) e tamanho da cauda (*tail*). O sexo não foi incluído nos GLMMs, porque é uma característica em nível de indivíduo e não de espécie.

Primeiramente, foi realizado um teste de colinearidade usando a função *vifstep*, pacote *usdm* (Niami *et al.*, 2014), em que foi encontrado um problema de colinearidade com a variável massa corporal (*mass*) com o tamanho da asa (*wing*). Dessa forma, ela foi removida para evitar problemas com os modelos. As espécies em que não foi possível obter os dados de tamanho da asa e da cauda devido à degradação ou perda da carcaça foram removidas da análise (*Columba livia*, *Patagioenas picazuro*, *Troglodytes musculus*, *Piaya cayana*, *Psittacara leucophthalmus*).

Em seguida, foi verificada a normalidade dos dados com um teste de Shapiro-Wilk para escolher de forma adequada as distribuições utilizadas nos modelos. Foram construídos os modelos de variável isolada e suas respectivas combinações aditivas e interativas (Tabela 4). O Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c) foi utilizado para avaliar o suporte relativo de cada modelo, sendo apenas os modelos com $\Delta AIC_c < 2,0$ considerados como potenciais modelos preditores (Burnham; Anderson, 2004). A partir disso, foi avaliada a contribuição de cada modelo para a variável resposta. O peso de Akaike ($wAIC$) também foi calculado para cada modelo.

Tabela 4: Modelos utilizados na análise de GLMM para avaliar a relação entre as características das espécies com o número de colisões de aves em vidraças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, nos quais “y” representa Número de Colisões. Fonte: S. J. L.

Número	Variável resposta	Modelo
--------	-------------------	--------

M0e		1 random (Espécies)
M1e		Asa random (Espécies)
M2e		Cauda random (Espécies)
M3e		Status de Ocorrência random (Espécies)
M4e		Asa + Status de Ocorrência random (Espécies)
M5e		Cauda + Status de Ocorrência random (Espécies)
M6e	Número de colisões ~	Asa + Cauda random (Espécies)
M7e		Asa + Cauda + Status de Ocorrência random (Espécies)
M8e		Asa * Status de Ocorrência random (Espécies)
M9e		Cauda * Status de Ocorrência random (Espécies)
M10e		Asa * Cauda random (Espécies)
M11e		Asa * Cauda * Status de Ocorrência random (Espécies)

1.3. RESULTADOS

1.3.1. Número de colisões

O período entre 28 de novembro de 2022 e 29 de novembro de 2023 reuniu 152 evidências de colisões de aves em estruturas de vidro na área de estudo. As evidências mais frequentes foram as marcas deixadas pelas aves após a colisão ($n = 78$) (Figura 4A), seguidas pelas carcaças ($n = 62$) (Figura 4B), observações em tempo real ($n = 10$) (Figura 4C) e, por fim, as pilhas de penas ($n = 2$) (Figura 4D). Após uma década de monitoramento na área de estudos, as colisões continuam a acontecer em números elevados e são uma preocupação. Além de terem sido registradas colisões na fachada externa dos edifícios, foram coletadas também evidências no lado interno (Figura 5), indicando a ocorrência de acidentes e fatalidades de aves que ficam presas dentro das construções e colidem com as estruturas de vidro quando tentam encontrar uma saída. Ao todo, foi possível identificar 39 colisões de aves com a superfície interna dos edifícios.



Figura 4: Evidências de colisões de aves em estruturas de vidro coletadas durante o período de monitoramento (novembro de 2022 a novembro de 2023) no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Marca deixada por uma ave após a colisão em uma estrutura de vidro, na qual é possível observar a cabeça, o ventre, penas e duas asas. (B) Carcaça de um indivíduo macho de choca-da-mata (*Thamnophilus caerulescens*) vítima de colisão em vidraça. (C) Indivíduo de sanhaçu-cinzento (*Thraupis sayaca*) que sobreviveu após a colisão, é possível notar sangramento na cavidade oral. (D) Pilha de penas que restou de uma carcaça oriunda de colisão após ser consumida parcialmente. Fonte: S. J. L.



Figura 5: Registros de colisões de aves com a superfície interna das estruturas de vidro dos edifícios do no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

1.3.2. Sazonalidade

Foram registradas 90 colisões na estação chuvosa (outubro a março), correspondendo a 59,21% das evidências coletadas. Na Figura 6 está exposto a média do número de colisões e o desvio padrão em cada mês do ano, na qual é possível observar um aparente aumento na frequência de acidentes durante a estação chuvosa (outubro a março), especificamente na primavera ($n = 50$) (final de setembro a início de dezembro), com redução durante a estação seca (abril a setembro), apresentando os menores números durante o inverno ($n = 31$) (final de maio a início de setembro). O teste Shapiro-Wilk de normalidade detectou uma distribuição normal dos dados ($W = 0,96$; $p = 0,81$; $W = 0,95$; $p = 0,71$), porém o teste-t (paramétrico) para duas amostras independentes não detectou diferenças significativas no número de colisões entre as estações seca e chuvosa ($t = 1,70$; $p = 0,91$).

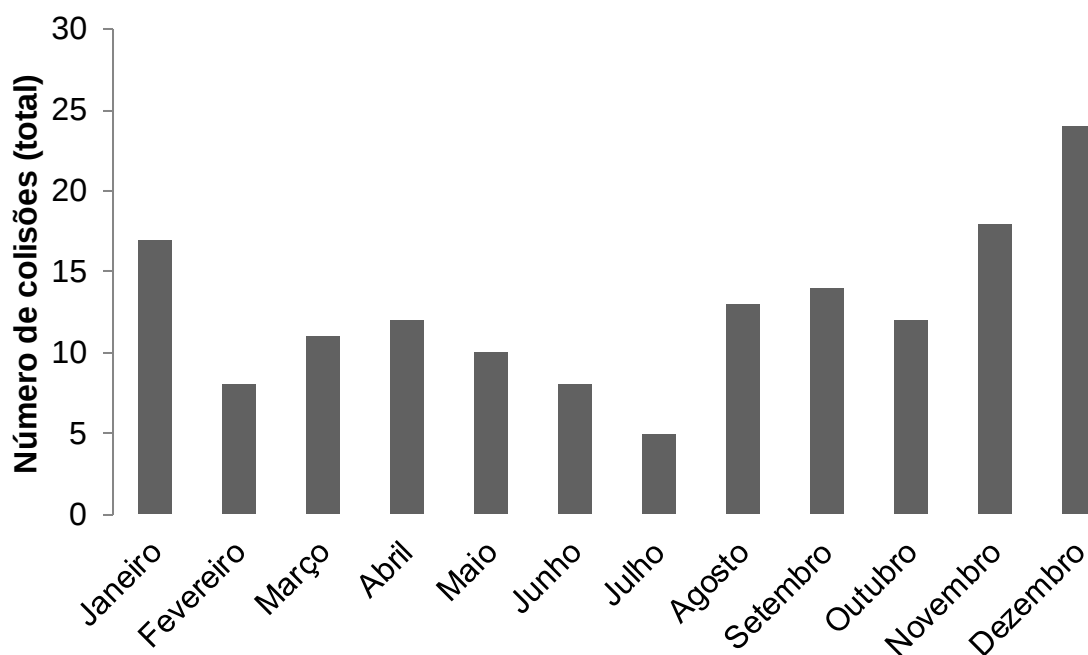


Figura 6: Total (colunas cinza) do número de colisões de aves em estruturas de vidro mês durante todo o período de monitoramento (novembro de 2022 a novembro de 2023) no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Ao adicionar os dados de Brisque *et al.* (2017) e Ribeiro e Piratelli (2020) à análise, os dados obtiveram uma distribuição normal ($W = 0,93$; $p = 0,59$; $W = 0,89$; $p = 0,34$), mas também não foi detectada uma significância estatística entre as estações ($t = 1,94$; $p = 0,08$). Com o aumento da amostragem em 44 indivíduos, totalizando 115 colisões na estação chuvosa e 81 na estação seca, o valor de p se aproximou mais de 0,05 e houve uma redução do desvio padrão (Figura 7), sugerindo um refinamento do resultado e também demonstrando a necessidade de continuar o levantamento de colisões de aves no *campus*.

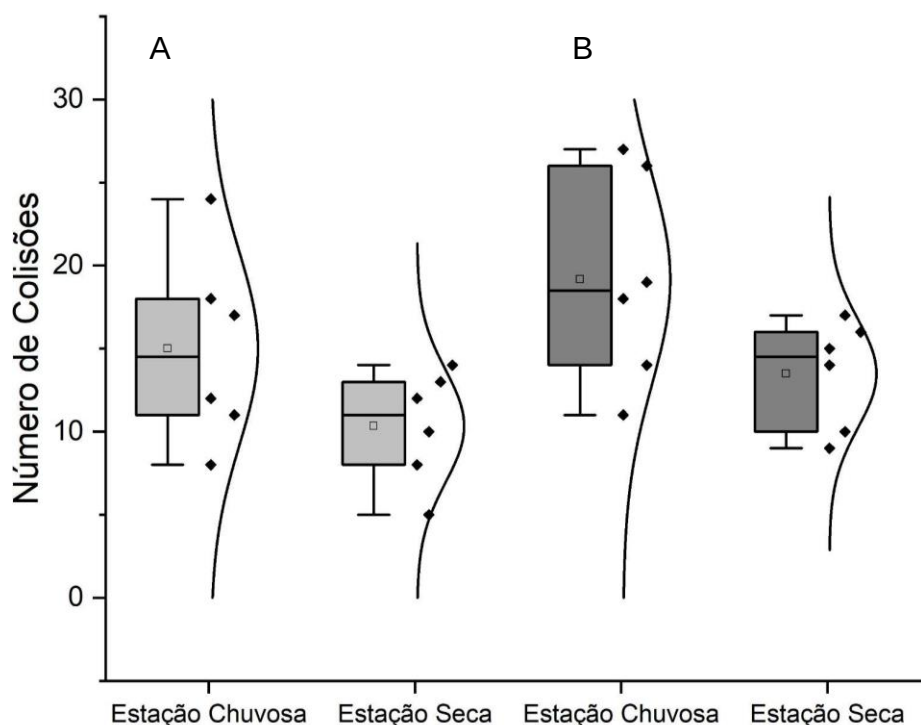


Figura 7: Comparação entre os números de colisões de aves em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos em cada estação (A) somente com o levantamento realizado em 2022 e 2023 à esquerda e (B) adicionando os dados de Brisque *et al.* (2017) e de Ribeiro e Piratelli (2020) à direita. Fonte: S. J. L.

1.3.3. Características dos prédios e seu entorno

Os cinco prédios que apresentaram o maior número de colisões foram o do CCHB ($n = 39$), o do CCGT ($n = 24$), o do FINEP 3 e 4 ($n = 15$), o do GAD ($n = 13$), e por fim, o do FINEP 1 e 2 ($n = 12$). No Apêndice A é possível observar os valores de número de colisões, altura, área construída, área de fachada, área de vidro, área envidraçada em relação à área de fachada, as áreas dos diferentes tipos de vidro e no Apêndice B, a cobertura da terra do entorno de cada prédio amostra.

Em relação ao número de colisões por fachada dos prédios, a fachada oeste ($n = 57$) e a fachada norte ($n = 42$) obtiveram o maior número de registros, seguido da fachada leste ($n = 32$) e da fachada sul ($n = 21$) (Tabela 5). O teste de Shapiro-Wilk de normalidade não detectou uma distribuição normal dos dados para nenhuma fachada ($W = 0,80$; $p < 0,05$; $W = 0,49$; $p < 0,05$; $W = 0,79$; $p < 0,05$; $W = 0,68$; $p < 0,05$), o teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico) não detectou diferenças significativas no número de colisões entre as fachadas em diferentes direções ($H = 5,12$; $p = 0,14$).

Tabela 5: Número de colisões de aves em estruturas de vidro por fachada dos prédios amostrados no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Prédios	Face norte	Face leste	Face sul	Face oeste
CCHB	1	15	0	23
CCGT	1	14	1	8
FINEP 3 e 4	13	0	2	0
GAD	2	1	4	6
FINEP 1 e 2	5	0	4	3
Pontos de ônibus	4	0	1	6
ATLab	4	0	5	0
AT2	7	0	1	0
CCTS	0	2	0	5
Biblioteca	4	0	1	1
AT1	1	0	0	3
Ambulatório	0	0	1	1
RU	0	0	1	1
Manutenção	0	0	0	0
Total	42	32	21	57

O vidro transparente foi o tipo de vidro com o maior número de ocorrências de colisões ($n = 127$), seguido do vidro com película preta ($n = 15$) (Tabela 6). O teste de Shapiro-Wilk (W) de normalidade mostrou não haver distribuição normal dos dados para nenhum tipo de vidro ($W = 0,75$; $p < 0,05$; $W = 0,30$; $p < 0,05$; $W = 0,30$; $p < 0,05$; $W = 0,68$; $p < 0,05$; $W = 0,44$; $p < 0,05$). O teste de Kruskal-Wallis (não paramétrico) detectou diferenças significativas no número de colisões entre os diferentes tipos de vidro ($H = 24,93$; $p < 0,05$). O teste emparelhado de Mann-Whitney (não paramétrico) demonstrou que o vidro transparente apresentou diferença significativa em comparação a todos os outros tipos de vidro de cada prédio ($p < 0,05$).

Tabela 6: Número de colisões de aves em estruturas de vidro por tipo de vidro dos prédios amostrados no campus de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Prédios	Vidro transparente	Vidro com adesivos circulares	Vidro refletivo	Vidro com película preta	Vidro com película laranja	Vidro opaco
CCHB	38	0	0	0	0	0
CCGT	22	1	0	0	0	0
FINEP 3 e 4	11	0	0	3	0	0

GAD	8	0	0	3	1	0
FINEP 1 e 2	7	0	0	3	2	0
Pontos de ônibus	11	0	0	0	0	0
ATLab	7	0	2	0	0	0
AT2	8	0	0	0	0	0
CCTS	5	0	0	1	0	0
Biblioteca	1	0	0	5	0	0
AT1	5	0	0	0	0	0
Ambulatório	2	0	0	0	0	0
RU	2	0	0	0	0	0
Manutenção	2	0	0	0	0	0
Total	127	1	2	15	3	0

A área de vidro transparente foi o melhor modelo para explicar (menor ΔAIC_c) os valores coletados de número de colisões entre os edifícios ($wAIC = 0,26$; $AIC_c = 96,7$) (Tabela 7). Entretanto, os modelos Área de Vidro ($wAIC = 0,231$; $AIC_c = 96,9$), Vidro com Película Preta ($wAIC = 0,155$; $AIC_c = 97,7$), Vidro Transparente + Vidro com Película Preta ($wAIC = 0,127$; $AIC_c = 97,7$), Área de Vidro + Vidro com Película Preta ($wAIC = 0,096$; $AIC_c = 98,3$) e Área de Vidro + Vidro Transparente ($wAIC = 0,089$; $AIC_c = 98,4$) também foram plausíveis para explicar o padrão observado. Ao avaliar a contribuição de cada modelo potencial para o número de colisões por prédio, somente os três primeiros apresentaram um valor de $p < 0,05$ (Tabela 8), demonstrando significância estatística dessas variáveis. Além disso, estabeleceram uma correlação positiva, ou seja, o aumento na área dessas superfícies, aumenta o número de colisões. Os resultados podem ser observados de forma gráfica na Figura 8.

Tabela 7: Desempenho dos GLMMs do número de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c). Os melhores modelos ($\Delta AIC_c < 2,0$) estão destacados em negrito. Fonte: S. J. L.

Variável resposta	Modelo	AIC_c	ΔAIC_c	df	wAIC
Número de colisões	Vidro Transparente	96,7	0	3	0,26
	Área de Vidro	96,9	0,2	3	0,231

Vidro com Película Preta	97,7	1	3	0,155
Vidro Transparente + Vidro com Película Preta	97,7	1	4	0,127
Área de Vidro + Vidro com Película Preta	98,3	1,6	4	0,096
Área de Vidro + Vidro Transparente	98,4	1,7	4	0,089
Altura	98,8	2,2	3	0,088
Vidro com Película Laranja	99,5	2,8	3	0,063
Área de Vidro + Vidro Transparente + Vidro com Película Preta	99,7	3	5	0,047
Vidro Transparente * Vidro com Película Preta	99,6	3	5	0,048
Construções	99,8	3,1	3	0,054
Nulo	100,2	3,5	2	0,046
Área de Vidro * Vidro com Película Preta	100,3	3,6	5	0,035
Área de Vidro * Vidro Transparente	100,4	3,7	5	0,033
Vidro com Adesivos	101,4	4,8	3	0,024
Vegetação	101,5	4,9	3	0,023
Área Construída	101,8	5,1	3	0,02
Gramado	102	5,3	3	0,018
Vidro Espelhado	102,2	5,5	3	0,017
Área de Vidro * Vidro Transparente * Vidro com Película Preta	106,9	10,2	9	0,001
Superfície Impermeável	109,8	13,1	4	<0,001
Árvores Espalhadas	110,4	13,7	4	<0,001
Relação entre Vidro e Fachada	110,8	14,1	4	<0,001

Tabela 8: Estimativas de parâmetros e valores de significância para os modelos potenciais do número de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio. Fonte: S. J. L.

Variável resposta	Modelo	Estimativa	Erro padrão	Valor de z	Pr(> z)
Número de colisões	Vidro Transparente	0,84	0,35	2,38	0,02
	Área de Vidro	1,11	0,48	2,32	0,02
	Vidro com Película Preta	0,62	0,29	2,13	0,03
	Vidro Transparente +	0,6	0,42	1,44	0,15
	Vidro com Película Preta	0,32	0,33	0,98	0,33
	Área de Vidro +	0,76	0,63	1,22	0,22
	Vidro com Película Preta	0,3	0,37	0,8	0,42
	Área de Vidro +	0,49	0,96	0,51	0,61
	Vidro Transparente	0,51	0,72	0,71	0,48

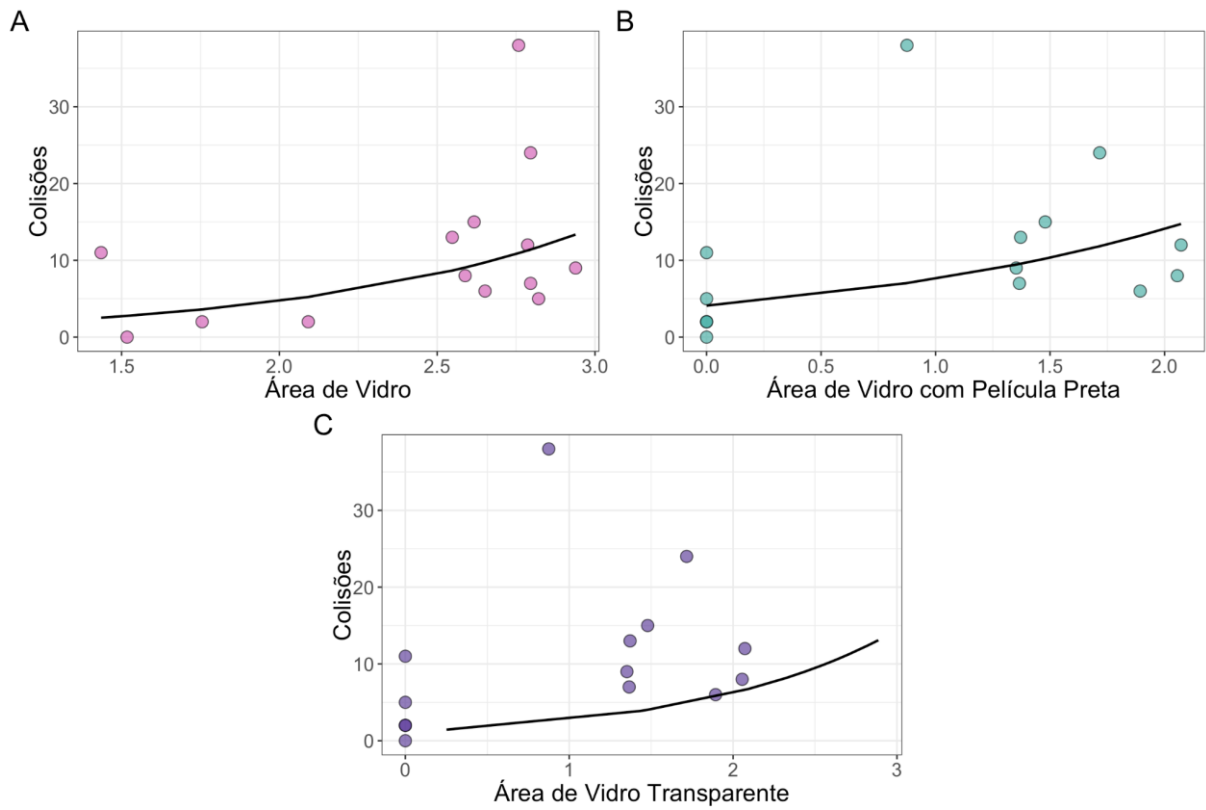


Figura 8: Resultados gráficos dos modelos com significância estatística da análise de GLMMs do número total de colisões de aves em estruturas de vidro por prédio. (A) Correlação positiva entre a área de vidro total e o número de colisões por prédio. (B) Correlação positiva entre a área de vidro com película preta e o número de

colisões por prédio. (C) Correlação positiva entre a área de vidro transparente e o número de colisões por prédio.

Fonte: S. J. L.

1.3.4. Características das espécies

No total, foram identificadas 31 espécies de 15 famílias vítimas de colisões em estruturas de vidro (Apêndice C), sendo que três indivíduos observados não foram identificados, e as pilhas de penas e as manchas não permitiram identificação. As famílias mais representativas foram Thraupidae (8 spp.) e Columbidae (6 spp.); a segunda apresentou o maior número de indivíduos afetados ($n = 26$). As espécies com maior número de indivíduos afetados foram *Zenaida auriculata* ($n = 9$), *Columbina talpacoti* ($n = 8$), *Turdus leucomelas* ($n = 7$) e *Sicalis flaveola* ($n = 5$) (Figura 9).

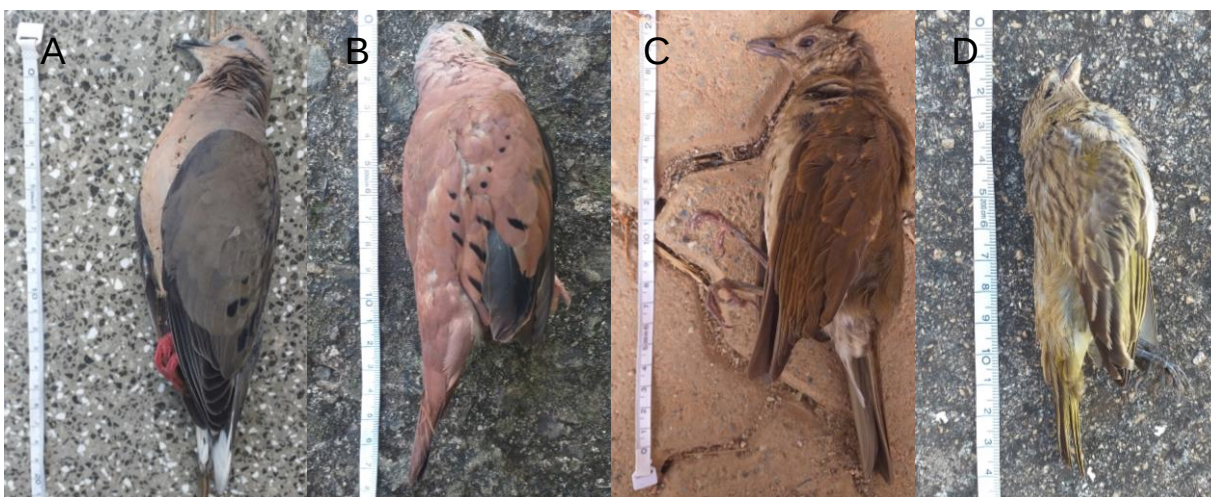


Figura 9: Carcaças de indivíduos de (A) pomba-avoante (*Zenaida auriculata*), (B) rolinha-roxa (*Columbina talpacoti*), (C) sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*) e canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) vítimas de colisões em estruturas de vidro no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Apenas duas espécies foram consideradas migratórias: *Turdus flavipes* e *Pygochelidon cyanoleuca* (Pacheco *et al.*, 2021 Piacentini *et al.*, 2015; Somenzari *et al.*, 2018). Além disso, nenhuma espécie coletada está ameaçada de extinção segundo a Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024) e também não constam na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção nem na lista de espécies e subespécies de fauna silvestre ameaçadas de extinção no estado de São Paulo (MMA, 2022; São Paulo, 2018). Todas as espécies amostradas apresentam a cauda mais curta que a asa (Apêndice C).

Além disso, foi possível identificar o sexo de 28 espécimes coletados, sendo 12 (42,86%) fêmeas e 16 machos (57,14%). No teste de Shapiro-Wilk (W) de normalidade não

foi obtida uma distribuição normal dos dados ($W = 0,56$; $p < 0,05$; $W = 0,75$; $p < 0,05$), o teste de Mann-Whitney (U) (não paramétrico) para duas amostras independentes não detectou diferenças significativas no número de colisões entre os sexos por indivíduo ($U = 138,5$; $p = 0,42$).

O modelo Nulo foi o que melhor explicou os valores coletados de número de colisões entre as espécies ($wAIC = 0,28$; $AIC_c = 104,5$) (Tabela 9). Os modelos Status de Ocorrência ($wAIC = 0,12$; $AIC_c = 106,1$) e Tamanho da Asa ($wAIC = 0,12$; $AIC_c = 106,2$) também foram plausíveis para explicar o padrão observado. Entretanto, ao avaliar a contribuição desses dois modelos para o número de colisões por espécie, ambos apresentaram um valor de $p > 0,05$ (Tabela 10), demonstrando que as variáveis preditoras escolhidas não explicam a variação nos dados encontrados e que a hipótese nula de que não há influência dessas características das espécies analisadas sobre o número de acidentes é mantida.

Tabela 9: Desempenho dos GLMMs do número de colisões por espécie utilizando o Critério de Informação de Akaike corrigido para amostras pequenas (AIC_c). Os melhores modelos ($\Delta AIC_c < 2,0$) estão destacados em negrito. Fonte: S. J. L.

Variável resposta	Modelo	AIC_c	ΔAIC_c	df	wAIC
Número de colisões	Nulo	104,5	0	2	0,285
	Status de Ocorrência	106,1	1,7	3	0,123
	Asa	106,2	1,7	3	0,121
	Cauda	106,4	2	3	0,106
	Asa * Status de Ocorrência	106,6	2,1	5	0,1
	Asa + Status de Ocorrência	107,8	3,4	4	0,053
	Asa + Cauda	107,9	3,4	4	0,052
	Cauda + Status de Ocorrência	108,1	3,7	4	0,046
	Asa * Cauda * Status de Ocorrência	108,2	3,7	7	0,045
	Asa + Cauda + Status de Ocorrência	109,2	4,7	5	0,027
	Cauda * Status de Ocorrência	109,6	5,1	5	0,022
	Asa * Cauda	109,9	5,4	5	0,019

Tabela 10: Estimativas de parâmetros e valores de significância para os modelos potenciais do número de colisões por espécie. Fonte: S. J. L.

Variável resposta	Modelo	Estimativa	Erro padrão	Valor de z	Pr(> z)
Número de colisões	Status de Ocorrência	0,42	0,75	0,56	0,57
	Asa	0,03	0,05	0,54	0,59

1.4. DISCUSSÃO

A primeira previsão de que as colisões seriam mais frequentes durante a estação chuvosa não foi confirmada, já que o teste estatístico não detectou diferenças significativas entre as estações seca e chuvosa (Figura 6). A segunda previsão - sobre o número de colisões ser maior nos prédios mais altos, com maior área envidraçada, maior área de vidro transparente e maior área de vegetação no entorno - foi parcialmente confirmada, dado que a análise de dados demonstrou que somente a maior área envidraçada, maior área de vidro transparente e maior área de vidro com película preta estão relacionadas com o aumento do número de colisões (Tabela 8). A previsão a respeito dos grupos de aves mais suscetíveis às colisões foi parcialmente confirmada, não foram encontradas diferenças significativas entre o sexo dos indivíduos afetados, nem variáveis preditoras capazes de explicar a variação entre espécies nos dados coletados, entretanto, o tamanho amostral pode não ter sido suficiente (Tabela 10). Foi confirmado que as espécies residentes e os columbídeos foram mais frequentes como vítimas de colisão em estruturas de vidro.

As carcaças são as evidências mais concretas das colisões e permitem a identificação taxonômica, além da obtenção de informações sobre o indivíduo. Entretanto, em casos de colisões não fatais, que são cerca de 30% a 50% dos acidentes (Klem-Jr., 1990; Klem-Jr *et al.*, 2024), ou perda das carcaças por degradação ou consumo, as outras evidências complementam os dados, reduzindo a subestimação do número de colisões, embora não seja sempre possível identificar a espécie ou o indivíduo que colidiu (Basílio *et al.*, 2020). Levando em consideração os dados coletados, 44,08% das colisões foram fatais, enquanto 55,92% dos indivíduos sobreviveram aos acidentes ou deixaram o local. Até então, as colisões na fachada interna de edifícios ainda não foram registradas na literatura, já que os estudos sobre esse tópico são focados nas colisões externas aos prédios.

Em relação à sazonalidade, a maior parte das espécies de aves tropicais apresenta um comportamento reprodutivo com uma sazonalidade pronunciada, com períodos reprodutivos mais longos que as espécies de climas temperados (Stutchbury; Morton, 2001). Geralmente, o período reprodutivo dessas espécies coincide com a estação chuvosa, quando o fotoperíodo é maior e a pluviosidade contribui com a abundância de recursos alimentares, o que pode influenciar a taxa de crescimento das gônadas (Berman *et al.*, 2022; Wikelski *et al.*, 2000).

No Brasil, a época reprodutiva se concentra, em geral, nos meses de setembro a janeiro (Alvarenga, 2017; Freitas, 2014; Marini *et al.*, 2007; Marini *et al.*, 2009; Medeiros; Marini, 2007; Sick, 1997). Durante essa época, as aves estão mais ativas, buscando parceiros, coletando materiais para a construção de ninhos, engajando em interações sociais de alta velocidade e realizando o cuidado parental, isso é evidenciado também na maior detectabilidade de indivíduos no decorrer desse período, através da atividade e da vocalização intensa (Antunes, 2008; Hager; Craig, 2014). Dessa forma, a maior movimentação das aves na estação chuvosa pode deixá-las mais suscetíveis às colisões em estruturas de vidro, aumentando a frequência de acidentes.

A sazonalidade é um fator marcante no Canadá e nos Estados Unidos, onde estudos demonstraram picos no número de colisões de aves durante as estações migratórias de outono e primavera (Borden *et al.*, 2010; Ocampo-Peñuela *et al.*, 2016; Schneider *et al.*, 2018). Na América Latina, não existe um padrão bem definido, os estudos no México demonstraram maior número de colisões durante a primavera (Gómez-Martínez *et al.*, 2019; Gómez-Moreno *et al.*, 2018), mas somente Uribe-Morfin *et al.* (2021) verificou diferenças significativas para o mês de Abril. Em contrapartida, na Colômbia, o maior número de registros ocorreu em outubro e novembro, durante o outono (Agudelo-Álvarez *et al.*, 2010). A ausência de diferenças significativas entre as estações no Brasil é verificada por outros estudos do país sobre as colisões de aves em vidraças (Brisque *et al.*, 2017; Fornazari *et al.*, 2021; Ribeiro; Piratelli, 2020; Santos *et al.*, 2017).

A área de vidro transparente como melhor modelo para explicar a variação das colisões de aves na área de estudo e a diferença significativa no número de acidentes entre os diferentes tipos de vidro evidenciam a dificuldade das aves em enxergar essas estruturas como uma barreira intransponível, identificando as vidraças como uma passagem livre para o habitat do outro lado e colidindo com a superfície (Fornazari *et al.*, 2021; Klem-Jr., 2009).

Embora a área de vidro com película preta também tenha sido uma variável plausível para explicar o número de colisões, possivelmente, devido à sua alta refletividade - a qual cria uma ilusão de hábitat contínuo -, o vidro transparente teve maior significância estatística, sugerindo que a transparência tenha uma influência maior do que a refletividade na potencialização das colisões, o que condiz com os dados da Colômbia, onde também foi identificado que os vidros transparentes são mais perigosos do que aqueles com alta refletividade (Agudelo-Álvarez *et al.*, 2010). O registro de apenas uma colisão nos vidros com adesivos circulares demonstra que essa medida preventiva, aplicada na área de estudos por trabalhos anteriores, continua sendo uma opção viável e efetiva para a redução desse impacto.

O segundo melhor modelo encontrado neste estudo corrobora com Hager *et al.* (2017) que demonstrou que o tamanho do prédio (altura e área envidraçada) tem um forte efeito positivo sobre o número de colisões. Além disso, diversos trabalhos demonstram que a área envidraçada é um dos principais fatores que potencializa o número de colisões, apresentando uma relação positiva, possivelmente, porque quanto maior a área de vidro, as janelas tendem a ficarem mais próximas umas das outras, aumentando a área contínua de superfície envidraçada, o que poderia dificultar a percepção do vidro pelas aves (Loss *et al.*, 2019; Klem-Jr. *et al.*, 2004; Ocampo-Peñuela *et al.*, 2016; Riding *et al.*, 2020; Schneider *et al.*, 2018).

Dentre as espécies identificadas, 20 ainda não tinham sido registradas como vítimas de colisões na área de estudo. Em nível de ordem, os Passeriformes foram os mais afetados pelas colisões (20 spp. e 38 indivíduos), assim como demonstrado por Menacho-Odio *et al.* (2019) e Santos *et al.* (2017). Não só isso, mas os trabalhos brasileiros reforçam o padrão de que a família Columbidae (6 spp. e 26 indivíduos) é a mais afetada pelas colisões em estruturas de vidro, o que condiz com a nossa previsão e pode estar relacionado com a força do impacto devido ao corpo mais pesado em comparação aos Passeriformes (Brisque *et al.*, 2017; Cousins *et al.* 2012; Fornazari *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2017). A densidade na área de estudo combinada às características intrínsecas das espécies mais afetadas pode estar relacionada a uma maior susceptibilidade às colisões em estruturas de vidro (Sabo *et al.*, 2016; Wittig *et al.*, 2017).

As espécies migratórias representaram apenas 3,3% da amostragem, o que coincide com a nossa previsão de que as espécies residentes são mais afetadas, baseada nos estudos feitos no Brasil (Fornazari *et al.*, 2021; Ribeiro; Piratelli, 2020). No hemisfério norte, as espécies migratórias são as vítimas mais frequentes nas colisões (Riding *et al.*, 2021), potencialmente devido à menor familiaridade com o ambiente durante a migração (Hager *et*

al., 2008; Sabo *et al.*, 2016). Enquanto as espécies residentes teriam menor probabilidade de colidir com as estruturas de vidro, em razão de que nem todos os acidentes são fatais e elas teriam mais experiência local, possivelmente utilizando pontos de referência visuais para navegar ao redor de estruturas previamente conhecidas, sendo capazes de aprender a evitar as janelas (Borden *et al.*, 2010; Sabo *et al.*, 2016). Entretanto, de acordo com a análise realizada neste estudo, o status de ocorrência da espécie não é uma variável preditora do número de colisões.

Não houve diferenças significativas no número de colisões entre os sexos. Porém, no estado da Califórnia nos Estados Unidos e no Paraná houve o registro de uma ocorrência maior de colisões por machos, isso pode estar relacionado com a territorialidade e agressividade desses indivíduos, além de serem mais ativos na procura por parceiras durante a estação reprodutiva, assim, todos esses fatores aumentam o nível de atividade dos machos, podendo aumentar a susceptibilidade às colisões (Fornazari *et al.*, 2021; Kahle *et al.*, 2016). Assim como a idade, o sexo não foi identificado para todos os indivíduos, limitando a análise.

A presença de cauda mais curta que as asas em todas as espécies amostradas pode estar relacionadas à redução da manobrabilidade durante o voo, dificultando o desvio de obstáculos, visto que as caudas maiores em comprimento estão relacionadas com a capacidade da ave em gerar elevação e aumentar a agilidade (Balmford, 1995; MacDonald, 2023). Porém, as variáveis de tamanho da asa e tamanho da cauda não foram preditoras do número de colisões entre as espécies. Dessa forma, é possível que o comportamento das aves ou as características do ambiente e dos edifícios tenham mais influência na susceptibilidade das espécies às colisões, apresentando uma alta variabilidade (Cusa *et al.*, 2015; Loss *et al.*, 2019; Riding *et al.*, 2020).

A prevenção de colisões de aves em estruturas de vidro pode ser realizada por meio de algumas tecnologias que já tiveram sua eficiência comprovada cientificamente por meio de túneis de teste e levantamentos em campo (Sheppard, 2019; Zyśk-Gorczyńska; Żmihorski, 2022), como películas que refletem o espectro ultravioleta visível para as aves (Brown *et al.*, 2020; Swaddle *et al.*, 2020), adesivos de padrões de elementos geométricos equidistantes (Brown *et al.*, 2019; Ribeiro; Piratelli, 2020) e vidros considerados “*bird-friendly*” que apresentam um padrão impresso diretamente na superfície para a construção de novos edifícios com impacto reduzido (Sheppard, 2019). Todas essas medidas têm a função de alertar a presença de uma barreira na trajetória de voo das aves e poderiam ser aplicadas na área de estudo para reduzir o número de ocorrências.

1.5. CONCLUSÕES

Os dados aqui apresentados demonstraram que foi possível realizar o levantamento de evidências de colisões de aves em estruturas de vidro na UFSCar de Sorocaba por meio da utilização de métodos tradicionais (i.e. carcaças) e inéditos no Brasil (i.e. manchas nos vidros, observações e pilhas de penas) de monitoramento, demonstrando que o *campus* continua sendo de alto risco para esses acidentes. Além disso, considerando que a área de vidro total, área de vidro transparente e área de vidro com película preta foram as melhores variáveis preditoras do número de colisões e estabeleceram uma correlação positiva, a forma mais eficaz de reduzir a mortalidade das aves é a utilização de medidas preventivas que reduzam a transparência e refletividade dessas superfícies, como já foi realizado anteriormente com eficácia comprovada. Por fim, isso também demonstra a necessidade de projetar futuros edifícios que demandem de menos superfície envidraçada e a utilização de vidros mais amigáveis às aves.

1.6 REFERÊNCIAS

- AGUDELO-ÁLVAREZ, L.; MORENO-VELASQUEZ, J.; OCAMPO-PENUELA, N.. **COLISIONES DE AVES CONTRA VENTANALES EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO DE BOGOTÁ, COLOMBIA**. Ornitología Colombiana, [S. L.], n. 10, p. 3-10, 2010.
- ALVARENGA, F. B.. **DEMOGRAFIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Sicalis flaveola* (Aves: Emberizidae) EM ÁREA RURAL NO SUDESTE DO BRASIL**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade Vila Velha, Vila Velha, 2017.
- ANTUNES, A. Z.. **Diurnal and seasonal variability in bird counts in a forest fragment in southeastern Brazil**. Revista Brasileira de Zoologia, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 228-237, jun. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81752008000200011>.
- BALMFORD, A.. **How Natural Selection Shapes Birds' Tails**. The American Naturalist, [S.L.], v. 146, n. 6, p. 848-868, dez. 1995. University of Chicago Press. <http://dx.doi.org/10.1086/285828>.
- BARTON, C. M.; RIDING, C. S.; LOSS, S. R. **Magnitude and correlates of bird collisions at glass bus shelters in an urban landscape**. Plos One, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 0178667, 1 jun. 2017. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0178667>.
- BASILIO, L. G.; MORENO, D. J.; PIRATELLI, A. J.. **Main causes of bird-window collisions: a review**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, [S.L.], v. 92, n. 1, p. 20180745, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020180745>.

BERMAN, L.; LI, D.; SHUFEN, Y.; KENNEWELL, M.; RHEINDT, F.. **Bird breeding season linked to sunshine hours in a marginally seasonal equatorial climate**. Journal Of Ornithology, [S.L.], v. 164, n. 1, p. 125-138, 7 set. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10336-022-02009-9>.

BEVANGER, K.. **Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review**. Biological Conservation, [S.L.], v. 86, n. 1, p. 67-76, out. 1998. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0006-3207\(97\)00176-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0006-3207(97)00176-6).

BORDEN, W. C.; LOCKHART, O. M.; JONES, A. W.; LYONS, M. S.. **Seasonal, Taxonomic, and Local Habitat Components of Bird-window Collisions on an Urban University Campus in Cleveland, OH**. The Ohio Journal Of Science, [S. L.], v. 110, n. 3, p. 44-52, jun. 2010.

BRISQUE, T.; CAMPOS-SILVA, L. A.; PIRATELLI, A. J.. **Relationship between bird-of-prey decals and bird-window collisions on a Brazilian university campus**. Zoologia, [S.L.], v. 34, p. 1-8, 5 jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.34.e13729>.

BROOKS, M. E.; KRISTENSEN, K.; VAN BENTHEM, K. J.; MAGNUSSON, A.; BERG, C.W.; NIELSEN, A.; SKAUG, H. J.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B. M.. **GlmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling**. The R Journal, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 378, 2017. The R Foundation. <http://dx.doi.org/10.32614/rj-2017-066>.

BROWN, B. B.; HUNTER, L.; SANTOS, S.. **Bird-window collisions: different fall and winter risk and protective factors**. Peerj, [S.L.], v. 8, p. e9401, 19 jun. 2020. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.9401>.

BROWN, B. B.; KUSAKABE, E.; ANTONOPOULOS, A.; SIDDOWAY, S.; THOMPSON, L.. **Winter bird-window collisions: mitigation success, risk factors, and implementation challenges**. Peerj, [S.L.], v. 7, p. e7620, 2 set. 2019. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.7620>.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R.. **Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection**. Sociological Methods & Research, [S.L.], v. 33, n. 2, p. 261-304, nov. 2004. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0049124104268644>.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas: Sorocaba**. 2016. Campinas, Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_584.html.

COUSINS, R. A.; BATTLE, P. F.; GARTRELL, B. D.; POWLESLAND, R. G.. **IMPACT INJURIES AND PROBABILITY OF SURVIVAL IN A LARGE SEMIURBAN ENDEMIC PIGEON IN NEW ZEALAND, *Hemiphaga Novaeseelandiae***. Journal Of Wildlife Diseases, [S.L.], v. 48, n. 3, p. 567-574, jul. 2012. Wildlife Disease Association. <http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.567>.

CUSA, M.; JACKSON, D. A.; MESURE, M.. **Window collisions by migratory bird species: urban geographical patterns and habitat associations**. Urban Ecosystems, [S.L.], v.

18, n. 4, p. 1427-1446, 12 abr. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-015-0459-3>.

DE GROOT, K. L.; WILSON, A. G.; MCKIBBIN, R.; HUDSON, S. A.; DOHMS, K. M.; NORRIS, A. R.; HUANG, A. C.; WHITEHORNE, I. B. J.; FORT, K. T.; ROY, C.; BOURQUE, J.; WILSON, S.. **Bird protection treatments reduce bird-window collision risk at low-rise buildings within a Pacific coastal protected area**. PeerJ, [S.L.], v. 10, p. e13142, 22 mar. 2022. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.13142>.

ELMORE, J. A. *et al.* **Correlates of bird collisions with buildings across three North American countries**. Conservation Biology, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 654-665, 22 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.13569>.

EMERSON, L. C.; THADY, R. G.; ROBERTSON, B. A.; SWADDLE, J. P.. **Do lighting conditions influence bird-window collisions?** Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 1-20, 2022. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-02167-170203>.

FORNAZARI, G. A.; SALDANHA, A.; LANGE, R. R.; FROES, T.; KLEM-JR, D.; MOORE, B. A.; MONTIANI-FERREIRA, F.. **Window Collisions by Birds in Brazil: epidemiologic factors and radiographic and necropsy assessments**. Journal Of Avian Medicine And Surgery, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 313-324, 30 set. 2021. Association of Avian Veterinarians (AAV). <http://dx.doi.org/10.1647/20-00009>.

FREITAS, M. S.. **Biologia reprodutiva, seleção de sítios de nidificação e sucesso reprodutivo em aves campestres de cerrado na Estação Ecológica de Itrapina, SP**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GÓMEZ-MARTÍNEZ, M. A.; KLEM, D.; ROJAS-SOTO, O.; GONZÁLEZ-GARCÍA, F.; MACGREGOR-FORS, I.. **Window strikes: bird collisions in a neotropical green city**. Urban Ecosystems, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 699-708, 23 abr. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-019-00858-6>.

GÓMEZ-MORENO, V. C.; HERRERA-HERRERA, J. R.; NIÑO-MALDONADO, S.. **Colisión de aves en ventanas del Centro Universitario Victoria, Tamaulipas, México**. Huitzil Revista Mexicana de Ornitología, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 227-236, 25 jul. 2018. Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C.. <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.347>.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J. **Surveying for bird carcasses resulting from window collisions: a standardized protocol**. PeerJ Preprints, [S.L.], 5 jun. 2014. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7287/peerj.preprints.406v1>.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J.; MCKAY, K. J.; MONSON, C.; ZUURDEEG, W.; BLEVINS, B.. **Window Area and Development Drive Spatial Variation in Bird-Window Collisions in an Urban Landscape**. Plos One, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 53371, 9 jan. 2013. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0053371>.

HAGER, S. B.; CRAIG, M. E. **Bird-window collisions in the summer breeding season**. PeerJ, [S.L.], v. 2, p. 460, 26 jun. 2014. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.460>.

HAGER, S. B. *et al.* **Continent-wide analysis of how urbanization affects bird-window collision mortality in North America.** Biological Conservation, [S.L.], v. 212, p. 209-215, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.06.014>.

HAGER, S. B.; TRUDELL, H.; MCKAY, K. J.; CRANDALL, S. M.; MAYER, L.. **Bird density and mortality at windows.** The Wilson Journal Of Ornithology, [S.L.], v. 120, n. 3, p. 550-564, set. 2008. Wilson Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1676/07-075.1>.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species.** 2024. Version 2024-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 2 jul. 2024.

KAHLE, L. Q.; FLANNERY, M. E.; DUMBACHER, J. P.. **Bird-Window Collisions at a West-Coast Urban Park Museum:** analyses of bird biology and window attributes from Golden Gate Park, San Francisco. Plos One, [S.L.], v. 11, n. 1, p. e0144600, 5 jan. 2016. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0144600>.

KLEM-JR., D.. **Avian mortality at windows:** the second largest human source of bird mortality on earth. Proceedings Of The Fourth International Partners In Flight Conference: Tundra to Tropics, [S.L.], 244-251, 2009.

KLEM-JR, D.. **Bird injuries, cause of death, and recuperation from collisions with windows.** Journal Of Field Ornithology, [S. L.], v. 61, n. 1, p. 115-119, 1990.

KLEM-JR, D.; KECK, D. C.; MARTY, K. L.; BALL, A. J. M.; NICIU, E. E.; PLATT, C. T.. **EFFECTS OF WINDOW ANGLING, FEEDER PLACEMENT, AND SCAVENGERS ON AVIAN MORTALITY AT PLATE GLASS.** The Wilson Bulletin, [S.L.], v. 116, n. 1, p. 69-73, mar. 2004. Wilson Ornithological Society. [http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643\(2004\)116\[0069:eowafp\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643(2004)116[0069:eowafp]2.0.co;2).

KLEM-JR, D.. **Landscape, Legal, and Biodiversity Threats that Windows Pose to Birds:** a review of an important conservation issue. Land, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 351-361, 24 mar. 2014. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/land3010351>.

LAO, S.; ANDERSON, A. W.; BLAIR, R. B.; ECKLES, J. W.; TURNER, R. J.; LOSS, S. R.. **Bird-building collisions increase with weather conditions that favor nocturnal migration and with inclement and changing weather.** Ornithological Applications, [S.L.], v. 125, n. 1, p. 045, 10 nov. 2022. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/ornithapp/duac045>.

LOSS, S. R.; LAO, IRENA, S.; ECKLES, J. W.; ANDERSON, A. W.; BLAIR, R. B.; TURNER, R. J.. **Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city.** Plos One, [S.L.], v. 14, n. 11, p. 0224164, 6 nov. 2019. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0224164>.

MACDONALD, E.. **The perfect wing, The perfect trade-off?** 2023. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência, Universidade de Uppsala, Uppsala, 2023.

MACHTANS, C. S.; WEDELES, C. H. R.; BAYNE, E. M.. **A First Estimate for Canada of the Number of Birds Killed by Colliding with Building Windows.** Avian Conservation

And Ecology, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 6, 2013. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-00568-080206>.

MARINI, M. Â.; AGUILAR, T. M.; ANDRADE, R. D.; LEITE, L. O.; ANCIÃES, M.; CARVALHO, C. E. A.; DUCA, C.; MALDONADO-COELHO, M.; SEBAIO, F.; GONÇALVES, J.. **Biologia da nidificação de aves do sudeste de Minas Gerais, Brasil**. Revista Brasileira de Ornitologia, [S. L.], v. 15, n. 3, p. 367-376, set. 2007.

MARINI, M. Â.; LOBO, Y.; LOPES, L. E.; FRANÇA, L. F.; PAIVA, L. V.. **Biologia reprodutiva de *Tyrannus savana* (Aves, Tyrannidae) em cerrado do Brasil Central**. Biota Neotropica, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 55-63, mar. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032009000100007>.

MEDEIROS, R. C. S.; MARINI, M. Â.. **Biologia reprodutiva de *Elaenia chiriquensis* (Lawrence) (Aves, Tyrannidae) em Cerrado do Brasil Central**. Revista Brasileira de Zoologia, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 12-20, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-81752007000100002>.

MENACHO-ODIO, R. M.; GARRO-CRUZ, M.; ARÉVALO, J. E.. **Ecology, endemism, and conservation status of birds that collide with glass windows in Monteverde, Costa Rica**. Revista de Biología Tropical, [S.L.], v. 67, n. 2, p. 326-345, 14 maio 2019. Universidad de Costa Rica. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i2supl.37255>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Brasília, DF, 8 jun. 2022.

NAIMI, B.; HAMM, N. A. S.; GROEN, T. A.; SKIDMORE, A. K.; TOXOPEUS, A. G.. **Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling?** Ecography, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 191-203, 4 set. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>.

OCAMPO-PENUELA, N.; WINTON, R. S.; WU, C. J.; ZAMBELLO, E.; WITTIG, T. W.; CAGLE, N. L. **Patterns of bird-window collisions inform mitigation on a university campus**. PeerJ, [S.L.], v. 4, p. 1652, 1 fev. 2016. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.1652>.

PACHECO, J. F. et al. **Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition**. Ornithology Research, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 94-105, jun. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>.

PIACENTINI, V. Q. et al. **Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee**. Revista Brasileira de Ornitologia, [S. L.], v. 23, n. 2, p. 91-298, jun. 2015.

RAYNER, J. M. V.. Form and Function in Avian Flight. In: JOHNSTON, R. F. **Current Ornithology**. Nova Iorque: Springer, 1988. p. 1-66.

REBOLO-IFRÁN, N.; VIRGILIO, A.; LAMBERTUCCI, S. A.. **Drivers of bird-window collisions in southern South America: a two-scale assessment applying citizen science**.

Scientific Reports, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 18148, 3 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-54351-3>.

RIBEIRO, B. C.; PIRATELLI, A. J.. **Circular-shaped decals prevent bird-window collisions**. Ornithology Research, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 69-73, mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43388-020-00007-0>.

RIDING, C. S.; O'CONNELL, T. J.; LOSS, S. R. **Building façade-level correlates of bird-window collisions in a small urban area**. The Condor, [S.L.], v. 122, n. 1, p. 1-14, 30 dez. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/condor/duz065>.

RIDING, C. S.; O'CONNELL, T. J.; LOSS, S. R.. **Multi-scale temporal variation in bird-window collisions in the central United States**. Scientific Reports, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 11062, 26 maio 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-89875-0>.

SABO, A. M.; HAGEMEYER, N. D.G.; LAHEY, A. S.; WALTERS, E. L.. **Local avian density influences risk of mortality from window strikes**. PeerJ, [S.L.], v. 4, p. 2170, 23 jun. 2016. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.2170>.

SANTOS, L. P. S.; ABREU, V. F.; VASCONCELOS, M. F.. **Bird mortality due to collisions in glass panes on an Important Bird Area of southeastern Brazil**. Revista Brasileira de Ornitologia, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 90-101, jun. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf03544384>.

SÃO PAULO. **Decreto nº 63853, de 27 de novembro de 2018**. Declara as espécies da fauna silvestre no Estado de São Paulo regionalmente extintas, as ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as com dados insuficientes para avaliação, e dá providências correlatas. São Paulo, SP, 27 nov. 2018.

SCHNEIDER, R. M.; BARTON, C. M.; ZIRKLE, K. W.; GREENE, C. F.; NEWMAN, K. B.. **Year-round monitoring reveals prevalence of fatal bird-window collisions at the Virginia Tech Corporate Research Center**. PeerJ, [S.L.], v. 6, p. e4562, 4 abr. 2018. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4562>.

SHEPPARD, C. D.. **Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass**. Global Ecology And Conservation, [S.L.], v. 20, p. e00795, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00795>.

SICK, H.. Ornitologia Brasileira. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SOMENZARI, M. et al. **An overview of migratory birds in Brazil**. Papéis Avulsos de Zoologia, [S.L.], v. 58, p. 3, 20 fev. 2018. Universidade de São Paulo, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.03>.

STUTCHBURY, B. J.M.; MORTON, E. S.. **Breeding seasons**. Behavioral Ecology Of Tropical Birds, [S.L.], n. 2, p. 9-22, 2001. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012675555-8/50002-6>.

SWADDLE, J. P.; EMERSON, L. C.; THADY, R. G.; BOYCOTT, T. J.. **Ultraviolet-reflective film applied to windows reduces the likelihood of collisions for two species of songbird**. PeerJ, [S.L.], v. 8, p. e9926, 16 set. 2020. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.9926>.

URIBE-MORFÍN, P.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, M. A.; MORELES-ABONCE, L.; OLVERA-ARTEAGA, A.; SHIMADA-BELTRÁN, H.; MACGREGOR-FORS, I. **The invisible enemy: understanding bird window strikes through citizen science in a focal city**. Ecological Research, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 430-439, 2 mar. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1440-1703.12210>.

WIKELSKI, M.; HAU, M.; WINGFIELD, J. C.. **SEASONALITY OF REPRODUCTION IN A NEOTROPICAL RAIN FOREST BIRD**. Ecology, [S.L.], v. 81, n. 9, p. 2458-2472, set. 2000. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[2458:sorian\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[2458:sorian]2.0.co;2).

WITTIG, T. W.; CAGLE, N. L.; OCAMPO-PENUELA, N.; WINTON, R S.; ZAMBELLO, E.; LICHTNEGER, Z.. **Species traits and local abundance affect bird-window collision frequency**. Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 17, 2017. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-01014-120117>.

ŻMIHORSKI, M.; KOTOWSKA, D.; ZYŚK-GORCZYŃSKA, E.. **Using citizen science to identify environmental correlates of bird-window collisions in Poland**. Science Of The Total Environment, [S.L.], v. 811, p. 152358, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152358>.

ZYŚK-GORCZYŃSKA, E.; ŻMIHORSKI, M.. **Ultraviolet film reduces bird-glass collision risk**. Ornis Fennica, [S.L.], v. 99, n. 2-3, 24 set. 2022. BirdLife Finland. <http://dx.doi.org/10.51812/of.115995>.

CAPÍTULO 2: ENSAIOS EXPERIMENTAIS SOBRE REMOÇÃO DE CARCAÇAS POR HUMANOS E ANIMAIS NECRÓFAGOS

2.1. INTRODUÇÃO

As colisões de aves com estruturas de vidro são responsáveis pela morte de 365 a 988 milhões de aves anualmente nos Estados Unidos (EUA) e de 16 a 42 milhões no Canadá. Ademais, é estimado que as colisões com prédios somente nos EUA são responsáveis pela perda anual de 2 a 9% da população total de aves da América do Norte (Loss *et al.*, 2014; Machtans *et al.*, 2013). Embora os números sejam altos, eles ainda podem não representar a realidade, visto que muitas vezes as colisões não causam morte imediata. As carcaças também podem ser removidas por animais necrófagos ou pessoas antes da detecção, já que o método mais comum de quantificar as colisões se utiliza apenas da contagem de carcaças ao redor dos edifícios amostrados e essa detecção imperfeita pode resultar em estimativas de mortalidade subestimadas (Hager; Cosentino, 2014; Klem-Jr, 1990; Riding; Loss, 2018).

Além disso, a permanência das carcaças no ambiente depende não só de características ambientais bióticas e abióticas, como sazonalidade, vegetação, paisagem e composição da fauna necrófaga, mas também da idade e do tamanho das carcaças (Guinard *et al.*, 2012; Ponce *et al.*, 2010; Prosser *et al.*, 2008). Logo, a aplicação de taxas de remoção derivadas de um local para ajustar as estimativas de mortalidade de outro pode resultar em conclusões imprecisas (Bracey *et al.*, 2016).

Dessa forma, a realização de ensaios experimentais para estimar a persistência média das carcaças de aves resultantes de colisões em estruturas de vidro contribui não só para informar o menor intervalo de monitoramento para estudos de levantamento de colisões, mas também permite ajustar a quantidade de evidências de colisões coletadas, o que reduz o viés da detecção imperfeita de carcaças sobre as estimativas de mortalidade por colisões em vidraças e demonstra a magnitude mais acurada desse impacto para subsidiar políticas públicas (Hager *et al.*, 2012). Apesar desses ensaios já terem sido conduzidos em levantamentos de colisões de aves realizados nos Estados Unidos (Kahle *et al.*, 2016; Kummer *et al.*, 2016b), ainda não existem estudos do tipo no Brasil.

Tendo em vista o exposto, este capítulo visou realizar ensaios experimentais para quantificar a remoção de carcaças de aves por animais necrófagos e humanos após colisões em estruturas de vidro no *campus* da Universidade Federal de São Carlos em

Sorocaba, SP, para identificar os animais envolvidos nessa interação e complementar os estudos de monitoramento de colisões realizados na mesma área de estudo.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Coleta de dados

Para estimar a persistência média das carcaças de aves resultantes de colisões em estruturas de vidro no ambiente e ajustar a quantidade de evidências coletadas, foram realizados ensaios experimentais de remoção por meio da reintrodução de quatorze carcaças provenientes do monitoramento de colisões na área de estudo que foram coletadas e congeladas, incluindo diversas espécies de diferentes tamanhos e colorações (Hager; Craig, 2014; Loss *et al.*, 2019) no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos, SP (Ver seção 2; Figura 1). Para minimizar a variação nos estímulos visuais e olfativos disponíveis aos animais necrófagos, foram utilizadas apenas as carcaças totalmente intactas, com plumagem cheia e sem sinais de decomposição (Loss *et al.*, 2019). Para reduzir a remoção por humanos, a comunidade acadêmica, a equipe de limpeza e a equipe de segurança do *campus* foram informadas sobre a condução do experimento e foi solicitada a não remoção dos materiais (Barton *et al.*, 2017). Além disso, as carcaças foram sinalizadas para alertar a presença de um procedimento experimental em andamento, entretanto, a possibilidade de remoção humana ainda foi considerada.

Durante maio e junho de 2024, as carcaças foram posicionadas, durante a manhã, em locais selecionados ao redor dos edifícios do *campus*, abaixo de fachadas onde colisões poderiam acontecer e a uma distância de no máximo 3 m, simulando a aparência e a localização de uma ave após a colisão (Hager *et al.*, 2012; Loss *et al.*, 2019; Riding; Loss, 2018) (Figura 10). Os edifícios da área de estudo e as fachadas onde seriam posicionadas as carcaças foram escolhidos ao acaso. As carcaças introduzidas ficaram a, no mínimo, 200 m de distância umas das outras, além disso, não foram introduzidas mais do que quatro ao mesmo tempo, a fim de evitar a concentração de um número de carcaças maior do que a comunidade de necrófagos seria capaz de detectar e/ou remover (Barton *et al.*, 2017; Riding; Loss, 2018).



Figura 10: Procedimento de posicionamento de carcaça e instalação da armadilha fotográfica para o ensaio experimental de remoção de carcaças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Seta vermelha: carcaça; seta azul: câmera; seta branca: sinalização. Fonte: S. J. L.

As carcaças introduzidas foram monitoradas diariamente sobre a sua presença ou ausência até a sua remoção completa, utilizando armadilhas fotográficas Bushnell® (Hager; Craig, 2014; Riding *et al.*, 2020). Além disso, elas foram pesadas antes do experimento, bem como a cada monitoramento, utilizando balanças de mola PESOLA®. Durante os primeiros três dias do experimento a persistência das carcaças foi monitorada duas vezes ao dia e, posteriormente, uma vez ao dia até que não fossem mais detectadas (de Groot *et al.*, 2022). Os animais envolvidos na remoção também foram identificados. Após 30 dias, caso a carcaça não tivesse sido removida, ela era considerada como não removida e descartada de forma apropriada. Cerca de 24 h antes do início de cada ensaio experimental, as carcaças foram descongeladas e manuseadas com sacos herméticos e luvas para prevenir a contaminação com odor humano (Barton *et al.*, 2017).

2.2.2. Análise de dados

Para verificar se existiu diferença significativa entre o tempo médio de permanência de carcaças grandes e pequenas, primeiramente, foi obtida a mediana das massas das carcaças, que foi de 41,5 g. Em seguida, as carcaças foram divididas em dois grupos, acima ($n = 7$) e abaixo ($n = 7$) da mediana. A análise estatística foi realizada por meio do *software* Past 4.15, aplicando o teste de Shapiro-Wilk (W) para normalidade e,

posteriormente, o teste de Mann-Whitney (U) para duas amostras independentes para comparar esses dois grupos.

2.3. RESULTADOS

Durante o período dos ensaios experimentais, foram introduzidas catorze carcaças na área de estudo (Tabela 11). As carcaças tiveram uma permanência média de $110,69 \pm 196,06$ h (cerca de 4 - 5 dias). Somente o indivíduo de *Colaptes melanochloros* permaneceu no ambiente por 30 dias e depois foi descartado de forma apropriada. Todas as remoções registradas ocorreram no período diurno. Os espécimes com menos de 41,5 g ($n = 7$) permaneceram, em média, menos tempo ($34,6 \pm 32,95$ h) no ambiente em comparação aos indivíduos maiores ($n = 7$) ($186,71 \pm 262,13$ h). O teste Shapiro-Wilk de normalidade não detectou uma distribuição normal dos dados ($W = 0,565$; $p < 0,05$), o teste de Mann-Whitney (U) (não paramétrico) para duas amostras independentes não detectou diferenças significativas no tempo de permanência entre esses dois grupos ($U = 15$; $p = 0,25$). Além disso, a quantidade média removida pelos animais necrófagos ou humanos foi de $27,58 \pm 46,97$ g por dia.

Tabela 11: Carcaças introduzidas para o ensaio experimental de remoção no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. Fonte: S. J. L.

Espécie	Massa (g)	Prédio	Fachada	Permanência (h)	Remoção
<i>Dacnis cayana</i>	13	Restaurante universitário	Oeste	4,57	<i>Cariama cristata</i>
<i>Colaptes melanochloros</i>	120	FINEP 3 E 4	Norte	720	-
<i>Tachyphonus coronatus</i>	27,5	Pontos de ônibus	Norte	45,12	<i>Homo sapiens sapiens</i>
<i>Patagioenas cayennensis</i>	232	CCGT	Norte	48	-
<i>Tersina viridis</i>	28	CCHB	Oeste	5,23	<i>Canis lupus familiaris</i>
<i>Furnarius rufus</i>	51,5	FINEP 1 E 2	Oeste	145,62	<i>Cariama cristata</i> e <i>Homo sapiens sapiens</i>

<i>Turdus leucomelas</i>	45	Biblioteca	Oeste	28,48	<i>Coragyps atratus</i> e <i>Homo sapiens sapiens</i>
<i>Columbina talpacoti</i>	38	CCTS	Sul	96	-
<i>Zenaida auriculata</i>	53	ATLab	Norte	336	-
<i>Coryphospingus cucullatus</i>	36	AT2	Sul	54	<i>Cariama cristata</i>
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	11	AT1	Norte	18	-
<i>Colaptes cafer</i>	171	Ambulatório	Norte	2,78	<i>Caracara plancus</i>
<i>Leptotila verreauxi</i>	150	Manutenção	Sul	26,08	<i>Canis lupus familiaris</i> e <i>Homo sapiens sapiens</i>
<i>Camptostoma obsoletum</i>	14	GAD	Oeste	19,82	<i>Cariama cristata</i>

Entre os nove casos em que foi possível identificar o responsável pela remoção das carcaças nos registros em vídeo, a remoção humana (Figura 11A) exclusiva aconteceu apenas em uma ocasião (11,11%), enquanto, por fauna necrófaga ocorreu cinco vezes (55,55%) e a interação entre os dois, quando o animal removia uma porção e o restante era descartado por uma pessoa, três vezes (33,34%). O animal que foi registrado interagindo mais frequentemente com as carcaças foi um indivíduo de seriema (*Cariama cristata*) (Figura 11B), o qual participou de quatro eventos de remoção e interagiu com mais duas carcaças, mas não as consumiu. Outras espécies que também foram registradas se alimentando das carcaças foram urubu-preto (*Coragyps atratus*) (Figura 11C), carcará (*Caracara plancus*) (Figura 11D) e cachorro-doméstico (*Canis lupus familiaris*) (Figura 11E). Além disso, foi possível observar também que, enquanto todas as outras espécies consumiram ou levaram a carcaça inteira, removendo-a mais rapidamente, os urubus se alimentaram apenas dos órgãos internos, permitindo que ela permanecesse detectável. Indivíduos de gato-doméstico (*Felis catus*) (Figura 11F) foram registrados farejando esses cadáveres, mas não se alimentaram deles nem os transportaram para outro local, então não contribuíram com a remoção (Vídeos: [Registros de remoção](#)).



Figura 11: Espécies registradas interagindo com as carcaças durante os ensaios experimentais de remoção de carcaças no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos. (A) Humanos (*Homo sapiens sapiens*). (B) Seriema (*Cariama cristata*). (C) Urubu-preto (*Coragyps atratus*). (D) Carcará (*Caracara plancus*). (E) Cachorro-doméstico (*Canis lupus familiaris*). (F) Gato-doméstico (*Felis catus*). Fonte: S. J. L.

2.4. DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios experimentais de remoção demonstraram a limitação da busca de carcaças como método único para estimar o número de colisões de aves em estruturas de vidro em uma área de estudo, uma vez que as carcaças podem ser removidas por animais necrófagos ou humanos, tornando-se indetectáveis, o que reduz a amostragem durante o monitoramento de colisões. A utilização de outras evidências além das carcaças, como manchas e penas deixadas nos vidros após as colisões, pilhas de penas de carcaças já consumidas, aves lesionadas e observações em tempo real, como foi feito no presente estudo, pode contribuir com a redução do viés da detecção imperfeita, visto que com esses registros, 90 evidências puderam ser adicionadas ao levantamento de colisões no *campus* (Basilio *et al.*, 2020; Kummer *et al.*, 2016a; Zysk-Gorczyńska; Żmihorski, 2022).

O tempo médio de permanência das carcaças no ambiente e a quantidade de carcaças coletadas no período de monitoramento ($n = 62$) permitiu verificar que o intervalo de monitoramento escolhido de 48 h - 72 h, foi adequado para o levantamento de colisões na área de estudo, reduzindo a possibilidade de perda de carcaças por remoção animal ou humana e, consequentemente, a subestimação dos dados. Entretanto, como algumas ainda foram removidas em poucas horas, ainda existe essa possibilidade. Além disso, esses aspectos temporais da persistência de carcaças no ambiente são específicos para cada área de estudo e variam conforme as características delas e os animais necrófagos presentes, demonstrando a importância de se aplicar esses ensaios experimentais para validar o intervalo de monitoramento de forma que menos evidências sejam perdidas (Hager *et al.*, 2012).

Em geral, as carcaças menores são removidas mais rápido e, o tamanho da carcaça é identificado como uma das melhores variáveis preditoras sobre a permanência de carcaças no ambiente, mas isso não foi confirmado pelos nossos resultados (Bracey *et al.*, 2016; Ponce *et al.*, 2010). Em locais mais distantes dos centros urbanos, como é o caso da área de estudo, as carcaças menores e mais recentes seriam removidas mais rapidamente (Bracey *et al.*, 2016). Ademais, como as carcaças utilizadas no ensaio foram posicionadas ao

redor dos edifícios, simulando colisões, a permanência delas pode ter sido reduzida por serem fontes previsíveis de alimento, em virtude desses acidentes acontecerem com frequência na região (Hager *et al.*, 2012). Diferente do que foi encontrado por Riding e Loss (2018), em que a maioria dos eventos ocorreu durante a noite, todas as ocasiões de remoção de carcaça na área de estudo aconteceram durante o dia. Isso pode ser explicado pela diferença na comunidade de animais necrófagos obrigatórios e facultativos nos diferentes ecossistemas, que são importantes não só para ciclagem de nutrientes e matéria orgânica, mas também para a estabilidade da teia alimentar (Beasley *et al.*, 2019; Gutiérrez-Cánovas *et al.*, 2020; Moleón *et al.*, 2014).

2.5. CONCLUSÕES

A partir dos ensaios experimentais realizados foi possível confirmar que a remoção de carcaças resultantes de colisões de aves em estruturas de vidro é um fenômeno presente no *campus* de Sorocaba da UFSCar, o que pode causar a subestimação da mortalidade de aves na área de estudo. Além disso, os ensaios permitiram validar a utilização de evidências de colisões, além das carcaças, para reduzir o viés da detecção imperfeita e também demonstraram que o intervalo de tempo de monitoramento foi adequado para minimizar a perda de carcaças durante o período de coleta.

2.6. REFERÊNCIAS

- BASILIO, L. G.; MORENO, D. J.; PIRATELLI, A. J.. **Main causes of bird-window collisions: a review**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, [S.L.], v. 92, n. 1, p. 20180745, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020180745>.
- BEASLEY, J. C.; OLSON, Z. H.; SELVA, N.; DEVAULT, T. L.. **Ecological Functions of Vertebrate Scavenging**. Wildlife Research Monographs, [S.L.], p. 125-157, 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-16501-7_6.
- BARTON, C. M.; RIDING, C. S.; LOSS, S. R. **Magnitude and correlates of bird collisions at glass bus shelters in an urban landscape**. Plos One, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 0178667, 1 jun. 2017. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0178667>.
- BRACEY, A. M.; ETTERSON, M. A.; NIEMI, G. J.; GREEN, R. F.. **Variation in bird-window collision mortality and scavenging rates within an urban landscape**. The Wilson

Journal Of Ornithology, [S.L.], v. 128, n. 2, p. 355, 30 jun. 2016. Wilson Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1676/wils-128-02-355-367.1>.

DE GROOT, K. L.; WILSON, A. G.; MCKIBBIN, R.; HUDSON, S. A.; DOHMS, K. M.; NORRIS, A. R.; HUANG, A. C.; WHITEHORNE, I. B. J.; FORT, K. T.; ROY, C.; BOURQUE, J.; WILSON, S.. **Bird protection treatments reduce bird-window collision risk at low-rise buildings within a Pacific coastal protected area.** Peerj, [S.L.], v. 10, p. e13142, 22 mar. 2022. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.13142>.

GUINARD, É.; JULLIARD, R.; BARBRAUD, C.. **Motorways and bird traffic casualties: carcasses surveys and scavenging bias.** Biological Conservation, [S.L.], v. 147, n. 1, p. 40-51, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.019>.

GUTIÉRREZ-CÁNOVAS, C.; MOLEÓN, M.; MATEO-TOMÁS, P.; OLEA, P. P.; SEBASTIÁN-GONZÁLEZ, E.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A.. **Large home range scavengers support higher rates of carcass removal.** Functional Ecology, [S.L.], v. 34, n. 9, p. 1921-1932, 15 jul. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2435.13619>.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J. **Surveying for bird carcasses resulting from window collisions: a standardized protocol.** Peerj Preprints, [S.L.], 5 jun. 2014. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7287/peerj.preprints.406v1>.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J.; MCKAY, K. J.. **Scavenging affects persistence of avian carcasses resulting from window collisions in an urban landscape.** Journal Of Field Ornithology, [S.L.], v. 83, n. 2, p. 203-211, 25 maio 2012. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1557-9263.2012.00370.x>.

HAGER, S. B.; CRAIG, M. E. **Bird-window collisions in the summer breeding season.** Peerj, [S.L.], v. 2, p. 460, 26 jun. 2014. PeerJ. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.460>.

KAHLE, L. Q.; FLANNERY, M. E.; DUMBACHER, J. P.. **Bird-Window Collisions at a West-Coast Urban Park Museum: analyses of bird biology and window attributes from Golden Gate Park, San Francisco.** Plos One, [S.L.], v. 11, n. 1, p. e0144600, 5 jan. 2016. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0144600>.

KLEM-JR, D.. **Bird injuries, cause of death, and recuperation from collisions with windows.** Journal Of Field Ornithology, [S. L.], v. 61, n. 1, p. 115-119, 1990.

KUMMER, J. A.; BAYNE, E. M.; MACHTANS, C. S.. **Comparing the results of recall surveys and standardized searches in understanding bird-window collisions at houses.** Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 4, 2016a. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-00820-110104>.

KUMMER, J. A.; NORDELL, C. J.; BERRY, T. M.; COLLINS, C. V.; TSE, C. R. L.; BAYNE, E. M.. **Use of bird carcass removals by urban scavengers to adjust bird-window collision estimates.** Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 12, 2016b. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-00927-110212>.

LOSS, S. R.; LAO, IRENA, S.; ECKLES, J. W.; ANDERSON, A. W.; BLAIR, R. B.; TURNER, R. J.. **Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a**

major North American city. Plos One, [S.L.], v. 14, n. 11, p. 0224164, 6 nov. 2019. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0224164>.

LOSS, S. R.; WILL, T.; LOSS, S. S.; MARRA, P. P.. **Bird–building collisions in the United States:** estimates of annual mortality and species vulnerability. The Condor, [S.L.], v. 116, n. 1, p. 8-23, 2 jan. 2014. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1650/condor-13-090.1>.

MACHTANS, C. S.; WEDELES, C. H. R.; BAYNE, E. M.. **A First Estimate for Canada of the Number of Birds Killed by Colliding with Building Windows.** Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 6, 2013. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-00568-080206>.

MOLEÓN, M.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A.; SELVA, N.; DONÁZAR, J. A.; OWEN-SMITH, N.. **Inter-specific interactions linking predation and scavenging in terrestrial vertebrate assemblages.** Biological Reviews, [S.L.], v. 89, n. 4, p. 1042-1054, 7 mar. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/brev.12097>.

PONCE, C.; ALONSO, J. C.; ARGANDOÑA, G.; FERNÁNDEZ, A. G.; CARRASCO, M.. **Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines.** Animal Conservation, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 603-612, 11 set. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1795.2010.00387.x>.

PROSSER, P.; NATTRASS, C.; PROSSER, C.. **Rate of removal of bird carcasses in arable farmland by predators and scavengers.** Ecotoxicology And Environmental Safety, [S.L.], v. 71, n. 2, p. 601-608, out. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.10.013>.

RIDING, C. S.; LOSS, S. R.. **Factors influencing experimental estimation of scavenger removal and observer detection in bird–window collision surveys.** Ecological Applications, [S.L.], v. 28, n. 8, p. 2119-2129, out. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/eap.1800>.

RIDING, C. S.; O'CONNELL, T. J.; LOSS, S. R. **Building façade-level correlates of bird–window collisions in a small urban area.** The Condor, [S.L.], v. 122, n. 1, p. 1-14, 30 dez. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/condor/duz065>.

ZYŚK-GORCZYŃSKA, E.; ŻMIHORSKI, M.. **Ultraviolet film reduces bird–glass collision risk.** Ornis Fennica, [S.L.], v. 99, n. 2-3, p. 00-00, 24 set. 2022. BirdLife Finland. <http://dx.doi.org/10.51812/of.115995>.

CAPÍTULO 3: ANÁLISES PÓS-MORTE: CONSEQUÊNCIAS DAS COLISÕES ÀS CONDIÇÕES DE SAÚDE DAS AVES

Este capítulo do trabalho foi confeccionado de acordo com as regras de formatação de manuscrito da revista *Ornithology Research* no modelo *short communications* (comunicação rápida) (Anexo A; <https://link.springer.com/journal/43388/submission-guidelines>). Apenas a numeração das imagens e tabelas foi alterada para seguir a ordenação deste documento (TCC). O manuscrito foi submetido no dia 2 de junho de 2024, encontrando-se atualmente (02/07/2024) no status de “Peer review”. Essa revista foi escolhida por ser brasileira e abranger uma ampla diversidade de estudos ornitológicos com ênfase na região Neotropical.

3.1. ARTIGO

Post mortem analysis of birds that collided with glass panes reveals multiple injuries and fractures

Stephanie Jin Lee¹ <https://orcid.org/0009-0009-6324-361X>

Flora Nogueira Matos² <https://orcid.org/0000-0001-8855-9092>

Cássia Regina Ramos Gonzaga² <https://orcid.org/0000-0002-5800-3779>

Marina Alvarado de Medeiros² <https://orcid.org/0000-0001-9928-2367>

Shamira de Fátima Sallum Leandro² <https://orcid.org/0000-0002-5657-3348>

Rodrigo Hidalgo Frieciello Teixeira^{2, 3, 4} <https://orcid.org/0000-0001-8219-0845>

André Luiz Mota da Costa² <https://orcid.org/0000-0002-3913-0123>

Augusto João Piratelli^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-0268-4007>

¹ Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ciências Ambientais, Laboratório de Ecologia e Conservação/CCTS, Sorocaba, SP, Brazil

² Zoológico Municipal Quinzinho de Barros, Sorocaba, SP, Brazil

³ Universidade Estadual Paulista, Escola de Medicina Veterinária e Ciências Animais, Programa de Pós-Graduação em Animais Silvestres, Botucatu, SP, Brazil

⁴ Universidade de Sorocaba, Faculdade de Medicina Veterinária, Sorocaba, SP, Brazil

*Corresponding author: piratelli@ufscar.br

Acknowledgments

SJL thanks the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the funding of the Undergraduate Research (#143576/2023-2); AJP thanks the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the financial support (#316032/2023-9). We also would like to thank the Laboratory of Ecology and Conservation (LECO) and all the staff from the Federal University of São Carlos in Sorocaba, for their valuable collaboration in detecting bird carcasses.

Abstract

Collisions between wild birds and anthropogenic structures, such as window panes, pose a significant threat, resulting in an alarming number of bird deaths annually. Despite being a global concern, scientific research in Latin America remains incipient, highlighting the need for more research into the impacts on birdlife. In this study, we collected and examined 46 carcasses of 23 bird species that collided with glass structures on a university campus in Sorocaba, SP, Brazil, from March 2017 to June 2023, as part of regular local monitoring of bird collisions and windows. The carcasses were analyzed using necropsy procedures and x-ray imaging, to understand the physical damage caused by these accidents. The species with the largest number of samples were *Columbina talpacoti* (9 individuals) and *Turdus leucomelas* (5 individuals). The findings revealed fractures in several bones, bruises and cranial hemorrhages as the main injuries of these collisions. This preliminary assessment not only contributes to the limited existing knowledge, but also highlights the urgency of addressing bird-window collisions to mitigate their detrimental effects on birds.

Keywords

Anthropogenic impact, avian mortality, urban threat, necropsy findings

Wild bird strikes against human-made structures are estimated to cause up to one billion deaths every year in Canada and the United States alone (Elmore et al. 2020). This threat has been reported across almost every continent (Cousins et al. 2012; Kim et al. 2013; Mitrus and Zbyryt 2018; Santos et al. 2016; Sheng et al. 2024). However, only recently has this direct

anthropogenic threat become the focus of scientific investigations in Latin America (Brisque et al. 2017; Santos et al. 2017; Gómez-Martínez et al. 2019; Rebolo-Ifrán et al. 2019; Ribeiro and Piratelli 2020; Uribe-Morfin et al. 2021), and the understanding of its dimensions is still limited (Basilio et al. 2020).

Bird-window collisions have been primarily assessed through carcass detection (Hager and Craig 2014; Loss et al. 2014; Hager and Cosentino 2014; Elmore et al. 2020). The crashes can cause non-visible damage such as broken bones, head and internal trauma, internal bleeding and/or paralysis; rescuing and protecting the survivors can be critical to full recovery (Degernes 1994). The most common causes of mortality in birds involved in these accidents are cranial hemorrhages, brain contusions and coelomic hemorrhages (Fornarazi et al. 2021). While survivors may recover after several periods without injury (Klem Jr. 1990b), collisions can be equally lethal for both small and large species (Klem Jr. 1990a).

In this paper, we proceeded with a post mortem examination of birds involved in collisions with glass panes on a university campus in Sorocaba, SP, Brazil, to evaluate their effects on bird health. This information is still very limited and may help unravel the enigma related to bird-window collision mortality, as well as support the development of effective measures to prevent these fatalities. To our best knowledge, only one study has addressed the health issues resulting from bird-window collisions in Brazil (Fornarazi et al. 2021).

Monitoring for evidence of bird-window collisions has been regularly carried out across 14 buildings at the Federal University of São Carlos (UFSCar), Sorocaba campus, Brazil, from 2014 to 2024 (Brisque et al. 2017; Ribeiro and Piratelli 2020). Evidence considered to be bird strikes with window panes were carcasses at a maximum distance of 3 meters from the glass surface (Zysk-Gorczyńska; Żmihorski 2022). The bird carcasses were collected, identified and stored in a freezer (Ocampo-Peñuela et al. 2016).

To detect the cause of death following the collisions on glass structures, necropsies were performed on collected dead birds from March 2017 to June 2023. Necropsy reports were issued with anatomopathological descriptions. For better detection of traumas in bone structures, all bird cadavers were radiographed in lateral-lateral and ventrodorsal projections (Pinto et al. 2014) (Fig. 12). Radiographic images were obtained using a portable x-ray device, model VET-20BT, in the Veterinary Hospital from the Quinzinho de Barros Municipal Zoo (QB), Sorocaba, SP, Brazil, in 2023 between May and July. The methodology and radiographic parameters varied according to the size and weight of the birds. The radiographic images were evaluated by the veterinary staff of QB. After the radiographic

images, post mortem examinations were carried out for macroscopic analysis of the carcasses (Rubel 1992).

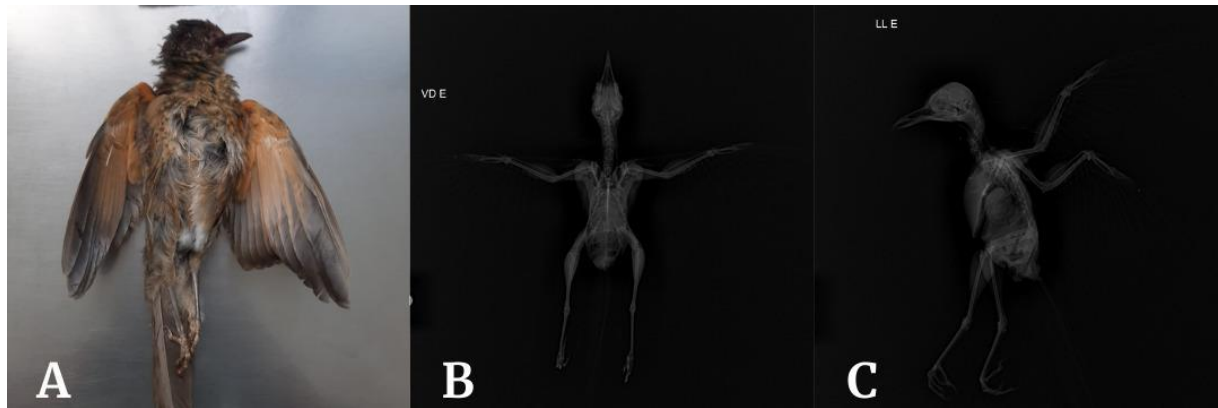


Fig. 12 Procedures carried in an individual of *Turdus leucomelas*. (a) External examination at a necropsy procedure. (b) Radiograph in ventrodorsal projection. (c) Radiograph in left laterolateral projection.

A total of 46 cadavers from 23 bird species were sampled. *Columbina talpacoti* (n=9) and *Turdus leucomelas* (n=5) were the most frequent species. Post mortem analysis revealed, as main findings, the presence of hematomas on the skull and brain (*Dacnis cayana*, *Thamnophilus caerulescens*, *Turdus leucomelas*, *Volatinia jacarina*), bilateral enophthalmos (*Turdus flavipes*), hemorrhagic regions in the skull and brain (*Stilpnia cayana*, *Zonotrichia capensis*), rupture and evisceration of the crop, fractures in the coracoid and the left wing phalanx (*Columbina talpacoti*), sternum fracture (*Leptotila verreauxi*) and fracture line in the left medial region of the skull (*Passer domesticus*), hemorrhagic region on the left side of the skull and dark reddish spots in the brain and gnathotheca fracture (*Zenaida auriculata*) (Fig. 13, Table 12, Supplementary Material 1).

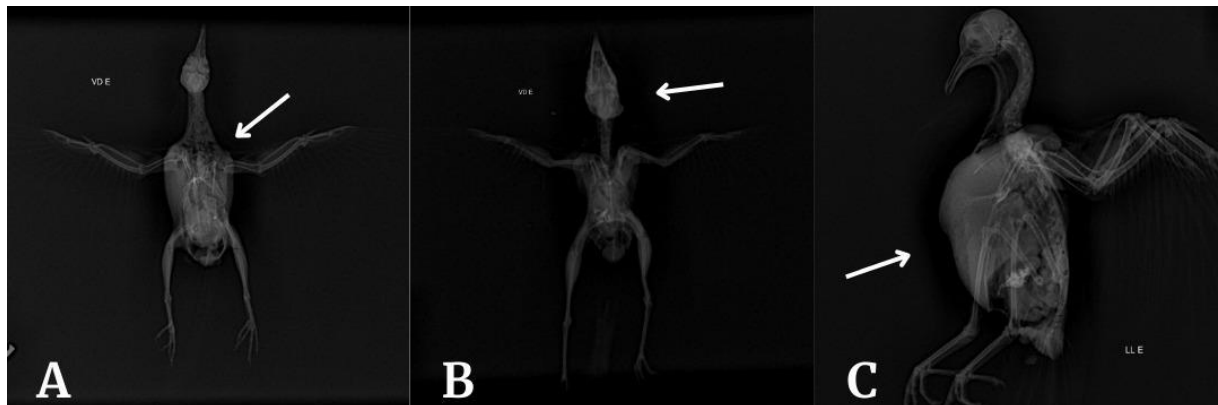


Fig. 13 Radiographic images of the detected fractures (white arrows). (a) *Columbia talpacoti* with a coracoid fracture. (b) *Passer domesticus* with a skull fracture. (c) *Leptotila verreauxi* with a sternum fracture.

Table 12 post mortem analysis of birds collided with glass structures from March 2014 to June 2023 at the Federal University of São Carlos, Sorocaba, SP, Brazil.

NAD = Nothing abnormal detected.

Species	Necropsy	X-ray
<i>Columbina talpacoti</i>	Autolysis 2; hemorrhagic region in the skull. red colored brain	
	Autolysis 3; crop rupture; autolyzed brain	
	Autolysis 5; crop evisceration	
	Crop rupture; blood in the oral cavity; coracoid fracture	Complete fracture of the right coracoid
	Head apteria; bilateral enophthalmos; apteria and complete open fracture on left wing phalanx; NAD internally	
<i>Dacnis cayana</i>	Autolysis 3; presence of hematoma in the left occipital region of the brain	
<i>Leptotila verreauxi</i>	Autolysis 3; skull and brain reddish in color throughout (bleeding)	Sternum fracture
<i>Passer domesticus</i>	Fracture in the left medial region of the skull; autolyzed brain	Fracture line in the left medial region of the

Species	Necropsy	X-ray
		skull
<i>Spinus magellanicus</i>	Autolysis 5; apteria on the head, back and left wing	
<i>Stilpnia cayana</i>	Autolysis 2; hemorrhagic region on the right side of the skull; reddish brain	
<i>Thamnophilus caerulescens</i>	Bruises around the edge of the skull	
<i>Turdus flavipes</i>	Bilateral enophthalmos	
<i>Turdus leucomelas</i>	Autolysis 3; presence of a blackened region in the left region of the skull and brain	
	Autolysis 5; Apteria in the dorsal region of the neck and back	
	Presence of whitish spots on the liver	
<i>Volatinia jacarina</i>	Presence of diffuse hematoma in the skull. purplish region in the occipital region of the brain	
<i>Zenaida auriculata</i>	Autolysis 2; hemorrhagic region on the left side of the skull, dark reddish spots in the brain	
	Autolysis 3; skull and brain reddish in color	

Species	Necropsy	X-ray
	throughout (bleeding)	
	Gnathotheca fracture	Gnathotheca fracture
<i>Zonotrichia capensis</i>	Skull with hemorrhagic region in the cerebellum and adjacent edges, same areas of purplish color in the cerebellum and brain	

Estimates suggest that nearly half of bird collisions with glass result in death (Klem 1990b). The results obtained in our analysis are consistent with the findings of Fornazari et al. (2021), in which the most prevalent damages detected in the carcasses were cranial hemorrhage and encephalic contusions ($n = 10$; 50%), with traumatic brain injury as the main cause of death for birds that were victims of collisions with glass structures. Moreover, Cousins et al. (2012) demonstrated that bird-window collisions resulted mostly in head trauma, fractures of the coracoids and clavicles, and rupture of internal organs; in our study, those types of injuries were detected in 14 out of the 20 carcasses (70%) that presented some kind of damage (Table 1). Fractures were more common in bigger birds (≥ 39 g), while head trauma and no skeletal damages were more prevalent in smaller species (Veltri and Klem 2005), which is likely related to the force that birds of different sizes collide with window panes; heavier ones, such as the pigeons (*Columbina talpacoti*, *Leptotila verreauxi*, *Zenaida auriculata*), have higher collision forces than the investigated passerines, predisposing them to more extensive internal damage (Cousins et al. 2012) (Supplementary Material 1).

Injuries that result in fatalities are not always visible to the naked eye and need the aid of equipment and other post mortem analyses, which justifies the indetermination of the cause of death in some carcasses (Catão-Dias and Miranda 2014). Furthermore, the birds could have had underlying health issues, such as parasites, that may have been aggravated by the collisions or possibly made them more susceptible to these accidents (Araujo et al. 2023). We found a massive presence of autolysis, which may have been caused by the long freezing time of several of the examined remains (Supplementary Material 1). Post mortem changes and the

onset of autolysis may also occur in the birds, depending on the time between death and the collection of the birds, combined with the climatic conditions. Only four (7%) carcasses weighed more than 100 grams, and approximately half, 20 (41.6%), weighed less than 20 grams, making post mortem examinations difficult and preventing the identification of the cause of death.

Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at:

Online Resource 1: Results of necropsy and x-ray analyses conducted at the Quinzinho de Barros Municipal Zoo, in Sorocaba, SP, Brazil, on bird carcasses from bird-window collisions on the campus of the Federal University of São Carlos, Sorocaba, SP, Brazil, from March 2014 to June 2023:

<https://drive.google.com/file/d/1SLuzFwaqaPfZ9IfdArAEh0UD8y0Lfuco/view?usp=sharing>

Statements and declarations

This study was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Federal University of São Carlos.

Funding

SJL was supported by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the funding of the Undergraduate Research (#143576/2023-2); AJP is support by CNPq, through Research Productivity Grant (#316032/2023-9).

Competing Interests

The authors declare no competing interests.

Author's contribution

SJL contributed to the conception of the collision monitoring project, as well as to field data collection and analysis. ALMC, FNM, CRRG, MAM, SFSL, and RHFT conducted post mortem laboratory examinations. AJP participated in and supervised the design, screening, data analysis and manuscript writing. All authors collaborated in writing the manuscript.

References

- Araujo SB, Campos SDE, Takitani AY, Pires JR, Souza AM, Almonsy NRP (2023) Analysis of clinical hematological characteristics and search for hemoparasites in owls (Strigiformes: Strigidae) seized or rescued from the Atlantic Forest biome of the Rio de Janeiro (southeastern Brazil). *Biosci J* 39:e39086. <http://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-65777>
- Basílio LG, Moreno DJ, Piratelli AJ (2020) Main causes of bird window collisions: a review. *An Acad Bras Cienc* 92:e20180745. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180745>
- Brisque T, Campos-Silva LA, Piratelli AJ (2017) Relationship between bird-of-prey decals and bird-window collisions on a Brazilian university campus. *Zool* 34:e13729. <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.34.e13729>
- Catão-Dias JL, Miranda F (2014) Considerações para Realização e Documentação de Necropsias. In: Cubas ZS, Silva JCR, Catão-Dias JL *Tratado de Animais Selvagens - Medicina Veterinária*, 2nd edn. Roca, São Paulo, pp 1565-1576
- Cousins RA, Battley PF, Gartrell BD, Powlesland RG (2012) Impact injuries and probability of survival in a large semiurban endemic pigeon in New Zealand, *Hemiphaga novaeseelandiae*. *J Wildl Dis* 48:567–574. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-48.3.567>
- Degernes LA (1994) Trauma Medicine. In: Ritchie BW, Harrison GJ, Harrison LR *Avian Medicine: principles and application*. Wingers Pub, Lake Worth, pp 417-433
- Elmore JA, Hager SB, Bradley JC et al (2020) Correlates of bird collisions with buildings across three North American countries. *Conserv Biol* 35:654-665. <https://doi.org/10.1111/cobi.13569>
- Fornazari GA, Saldanha A, Lange RR, Froes T, Klem Jr D, Moore BA, Ferreira FM (2021) Window collisions by birds in Brazil: epidemiologic factors and radiographic and necropsy assessments. *J Avian Med Surg* 35:313-324. <https://doi.org/10.1647/20-00009>
- Gómez-Martínez MA, Klem Jr D, Rojas-Soto O, González-García F, Macgregor-Fors I (2019) Window strikes: bird collisions in a Neotropical green city. *Urban Ecosyst* 22:699-708. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-019-00858-6>
- Hager SB, Craig ME (2014) Bird-window collisions in the summer breeding season. *PeerJ* 2:e460. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.460>
- Hager S, Cosentino B (2014) Surveying for bird carcasses resulting from window collisions: a standardized protocol. *PeerJ PrePrints*. <http://dx.doi.org/10.7287/peerj.preprints.406>
- Kim EM, Choi CY, Kang CW (2013) Causes of injury and mortality of Fairy Pitta *Pitta nympha* on Jeju Island, Republic of Korea. *Forktail* 29:145–148.

- Klem Jr D (1990a) Collisions between Birds and Windows: Mortality and Prevention. *J Field Ornithol* 61:120–128.
- Klem Jr D (1990b) Bird injuries, cause of death, and recuperation from collisions with windows. *J Field Ornithol* 61:115–119.
- Loss SR, Will T, Loss SS, Marra PP (2014) Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. *Condor* 116:8–23.
<http://dx.doi.org/10.1650/CONDOR-13-090.1>
- Mitrus C, Zbyryt A (2018) Reducing avian mortality from noise barrier collisions along an urban roadway. *Urban Ecosyst* 21:351–356. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-017-0717-7>
- Ocampo-Peñuela N, Winton RS, Wu CJ, Zambello E, Wittig TW, Cagle NL (2016) Patterns of bird-window collisions inform mitigation on a university campus. *Peerj* 4:1652.
<http://dx.doi.org/10.7717/peerj.1652>
- Pinto ACB, Lorigados CAB, Arnaut LS, Unruh SM (2014) Radiologia em Répteis, Aves e Roedores de Companhia. In: In: Cubas ZS, Silva JCR, Catão-Dias JL Tratado de Animais Selvagens - Medicina Veterinária, 2nd edn. Roca, São Paulo, pp. 1654 – 1692.
- Rebolo-Ifrán N, di Virgilio A, Lambertucci SA (2019) Drivers of bird-window collisions in southern South America: a two-scale assessment applying citizen science. *Sci Rep* 9:1–10. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-54351-3>
- Ribeiro BC, Piratelli AJ (2020) Circular-shaped decals prevent bird-window collisions. *Ornithol Res* 28:69–73. <https://doi.org/10.1007/s43388-020-00007-0>
- Rubel GA (1992) Birds - Radiographic Technique. In: Rubel GA, Isenbugel E, Wolvekamp P Atlas of Diagnostic Radiology of Exotic Pets - Small Mammals, Birds, Reptiles and Amphibians. W.B. Saunders Company, Hannover, pp. 76-79.
- Sheng GQ, Ingabo SN, Chan YC (2024) Evaluating the impact of bird collision prevention glazing patterns on window views. *Build Env* 259:111657.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111657>
- Uribe-Morfin P, Gómez-Martínez MA, Moreles-Abonce L, Olvera-Arteaga A, Shimada-Beltrán H, McGregor-Fors I (2021) The invisible enemy: Understanding bird-window strikes through citizen science in a focal city, *Ecol Res*, 36:30–439.
<http://dx.doi.org/10.1111/1440-1703.12210>.
- Veltri CJ, Klem Jr D (2005) Comparison of fatal bird injuries from collisions with towers and windows. *J Field Ornithol* 76:127–133.

3. CONCLUSÃO GERAL

O levantamento de evidências de colisões de aves em estruturas de vidro na UFSCar de Sorocaba demonstrou que o *campus* é de alto risco para esses acidentes e são necessárias medidas preventivas que reduzam esse impacto. Essa necessidade fica ainda mais evidente quando se considera as lesões extensas encontradas nos indivíduos que foram vítimas das colisões, que incluem fraturas, hematomas e hemorragias. Além disso, os ensaios experimentais sobre remoção revelaram a limitação do uso exclusivo de carcaças como método de levantamento de colisões na área de estudo, demonstrando a importância das outras evidências incluídas nos nossos procedimentos. Logo, este trabalho contribui com os dados brasileiros sobre as colisões de aves em estruturas de vidro e o método inédito pode auxiliar futuros levantamentos em outras regiões do país.

4. REFERÊNCIAS

- BASILIO, L. G.; MORENO, D. J.; PIRATELLI, A. J.. **Main causes of bird-window collisions: a review.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, [S.L.], v. 92, n. 1, p. 20180745, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020180745>.
- BRISQUE, T.; CAMPOS-SILVA, L. A.; PIRATELLI, A. J.. **Relationship between bird-of-prey decals and bird-window collisions on a Brazilian university campus.** Zoologia, [S.L.], v. 34, p. 1-8, 5 jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.3897/zoologia.34.e13729>.
- CESCHI-BERTOLI, L.; VIDAL, F. A. P.; BALSAMO, P. J.; ABDALLA, F. C.. **Comet assay protocol for *Bombus atratus* fat body and pericardial cells (Hymenoptera, bombini) at a safe concentration of mercury.** Chemosphere, [S.L.], v. 261, p. 127752, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127752>.
- CRUZ, B. B.; PIRATELLI, A. J.. **Avifauna associada a um trecho urbano do rio Sorocaba, Sudeste do Brasil.** Biota Neotropica, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 255-264, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032011000400022>.
- DEVELEY, P. F.. **Bird Conservation in Brazil: challenges and practical solutions for a key megadiverse country.** Perspectives In Ecology And Conservation, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 171-178, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2021.02.005>.
- DREWITT, A. L.; LANGSTON, R. H.W.. **Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds.** Annals Of The New York Academy Of Sciences, [S.L.], v. 1134, n. 1, p. 233-266, jun. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1196/annals.1439.015>.
- ELMORE, J. A. *et al.* **Correlates of bird collisions with buildings across three North American countries.** Conservation Biology, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 654-665, 22 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.13569>.

EMERSON, L. C.; THADY, R. G.; ROBERTSON, B. A.; SWADDLE, J. P.. **Do lighting conditions influence bird-window collisions?** Avian Conservation And Ecology, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 1-20, 2022. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-02167-170203>.

ERICKSON, W. P.; JOHNSON, G. D.; YOUNG, D. P. Jr. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. In: RALPH, J. C.; RICH, D. T. (ed.). **Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference**. Albany: U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 2005. p. 1029-1042.

FERNÁNDEZ-JURICIC, E.; ERICHSEN, J. T.; KACELNIK, A.. **Visual perception and social foraging in birds**. Trends In Ecology & Evolution, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 25-31, jan. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2003.10.003>.

FORNAZARI, G. A.; SALDANHA, A.; LANGE, R. R.; FROES, T.; KLEM-JR, D.; MOORE, B. A.; MONTIANI-FERREIRA, F.. **Window Collisions by Birds in Brazil: epidemiologic factors and radiographic and necropsy assessments**. Journal Of Avian Medicine And Surgery, [S.L.], v. 35, n. 3, p. 313-324, 30 set. 2021. Association of Avian Veterinarians (AAV). <http://dx.doi.org/10.1647/20-00009>.

GÓMEZ-MARTÍNEZ, M. A.; KLEM, D.; ROJAS-SOTO, O.; GONZÁLEZ-GARCÍA, F.; MACGREGOR-FORS, I.. **Window strikes: bird collisions in a neotropical green city**. Urban Ecosystems, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 699-708, 23 abr. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-019-00858-6>.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J.; MCKAY, K. J.; MONSON, C.; ZUURDEEG, W.; BLEVINS, B.. **Window Area and Development Drive Spatial Variation in Bird-Window Collisions in an Urban Landscape**. Plos One, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 53371, 9 jan. 2013. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0053371>.

HAGER, S. B. *et al.* **Continent-wide analysis of how urbanization affects bird-window collision mortality in North America**. Biological Conservation, [S.L.], v. 212, p. 209-215, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2017.06.014>.

IBGE. **Censo Demográfico: Séries históricas**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=series-historicas>.

KIM, E. M.; CHOI, C. Y.; KANG, C. W.. **Causes of injury and mortality of Fairy Pitta *Pitta nympha* on Jeju Island, Republic of Korea**. Forktail, [S. L.], v. 29, p. 145-148, 2013.

KLEM-JR., D.. **Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on earth**. Proceedings Of The Fourth International Partners In Flight Conference: Tundra to Tropics, [S.L.], 244-251, 2009.

KLEM-JR, D.. **Bird-window collisions**. The Wilson Bulletin, [S.L.], v. 101, n. 4, p. 606-620, 1989.

KLEM-JR, D.. **Bird–Window Collisions**: a critical animal welfare and conservation issue. *Journal Of Applied Animal Welfare Science*, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 11-17, 6 out. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10888705.2015.1075832>.

KLEM-JR, D.. **Glass**: a deadly conservation issue for birds. *Bird Observer*, [S. L.], v. 34, n. 2, p. 73-81, 2006.

KLEM, D.; SAENGER, P. G.; BROGLE, B. P.. **Evidence, consequences, and angle of strike of bird–window collisions**. *The Wilson Journal Of Ornithology*, [S.L.], v. 136, n. 1, p. 113-119, 24 abr. 2024. Wilson Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1676/23-00045>.

LAMBERTUCCI, S. A.; SHEPARD, E. L. C.; WILSON, R. P.. **Human-wildlife conflicts in a crowded airspace**. *Science*, [S.L.], v. 348, n. 6234, p. 502-504, maio 2015. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa6743>.

LONGCORE, T.; RICH, C.. **Ecological light pollution**. *Frontiers In Ecology And The Environment*, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 191-198, maio 2004. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:elp\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:elp]2.0.co;2).

LOSS, S. R.; WILL, T.; LOSS, S. S.; MARRA, P. P.. **Bird–building collisions in the United States**: estimates of annual mortality and species vulnerability. *The Condor*, [S.L.], v. 116, n. 1, p. 8-23, 2 jan. 2014. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1650/condor-13-090.1>.

LOSS, S. R.; WILL, T.; MARRA, P. P.. **Direct Mortality of Birds from Anthropogenic Causes**. *Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics*, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 99-120, 4 dez. 2015. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133>.

MACHTANS, C. S.; WEDELES, C. H. R.; BAYNE, E. M.. **A First Estimate for Canada of the Number of Birds Killed by Colliding with Building Windows**. *Avian Conservation And Ecology*, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 6, 2013. Resilience Alliance, Inc.. <http://dx.doi.org/10.5751/ace-00568-080206>.

MARTIN, G. R.. **Understanding bird collisions with man-made objects**: a sensory ecology approach. *Ibis*, [S.L.], v. 153, n. 2, p. 239-254, 17 mar. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1474-919x.2011.01117.x>.

MARZLUFF, J. M.. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: MARZLUFF, J. M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R. (ed.). **Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World**. Nova Iorque: Springer New York, 2001. p. 19-47.

MACGREGOR-FORS, I.; ESCOBAR-IBÁÑEZ, J. F.. Birds from Urban Latin America, Where Economic Inequality and Urbanization Meet Biodiversity. In: MACGREGOR-FORS, I.; ESCOBAR-IBÁÑEZ, J. F. (ed.). **Avian Ecology in Latin American Cityscapes**. Nova Iorque: Springer Cham, 2017. Cap. 1. p. 1-10.

MCKINNEY, M. L.. **Urbanization as a major cause of biotic homogenization**. Biological Conservation, [S.L.], v. 127, n. 3, p. 247-260, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>.

MCKINNEY, M. L.. **Urbanization, Biodiversity, and Conservation**: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. Bioscience, [S.L.], v. 52, n. 10, p. 883, 2002. Oxford University Press (OUP). [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:ubac\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:ubac]2.0.co;2).

MITRUS, C.; ZBYRYT, A.. **Reducing avian mortality from noise barrier collisions along an urban roadway**. Urban Ecosystems, [S.L.], v. 21, p. 351-356, 27 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-017-0717-7>.

PARKINS, K. L.; ELBIN, S. B.; BARNES, E.. **Light, Glass, and Bird-building Collisions in an Urban Park**. Northeastern Naturalist, [S. L.], v. 22, n. 1, p. 84-94, 2015.

REBOLO-IFRÁN, N.; VIRGILIO, A.; LAMBERTUCCI, S. A.. **Drivers of bird-window collisions in southern South America**: a two-scale assessment applying citizen science. Scientific Reports, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 18148, 3 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-54351-3>.

RIBEIRO, B. C.; PIRATELLI, A. J.. **Circular-shaped decals prevent bird-window collisions**. Ornithology Research, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 69-73, mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43388-020-00007-0>.

ROGERS, L. J.. **Development and function of lateralization in the avian brain**. Brain Research Bulletin, [S.L.], v. 76, n. 3, p. 235-244, jun. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainresbull.2008.02.001>.

SANTOS, L. P. S.; ABREU, V. F.; VASCONCELOS, M. F.. **Bird mortality due to collisions in glass panes on an Important Bird Area of southeastern Brazil**. Revista Brasileira de Ornitologia, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 90-101, jun. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf03544384>.

SETO, K. C.; FRAGKIAS, M.; GÜNERALP, B.; REILLY, M. K.. **A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion**. Plos One, [S.L.], v. 6, n. 8, p. e23777, 18 ago. 2011. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>.

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R.. **Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools**. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, [S.L.], v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 17 set. 2012. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1211658109>.

SHENG, G. Q.; INGABO, S. N.; CHAN, Y. C.. **Evaluating the impact of bird collision prevention glazing patterns on window views**. Building And Environment, [S.L.], v. 259, p. 111657, jul. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111657>.

URIBE-MORFÍN, P.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, M. A.; MORELES-ABONCE, L.; OLVERA-ARTEAGA, A.; SHIMADA-BELTRÁN, H.; MACGREGOR-FORS, I.. **The invisible**

enemy: understanding bird window strikes through citizen science in a focal city. *Ecological Research*, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 430-439, 2 mar. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1440-1703.12210>.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M.. **Human Domination of Earth's Ecosystems**. *Science*, [S.L.], v. 277, n. 5325, p. 494-499, 25 jul. 1997. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.494>.

VIVIANI, V. R.; ROCHA, M. Y.; HAGEN, O.. **Fauna de besouros bioluminescentes (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae; Phengodidae, Elateridae) nos municípios de Campinas, Sorocaba-Votorantim e Rio Claro-Limeira (SP, Brasil): biodiversidade e influência da urbanização**. *Biota Neotropica*, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 103-116, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032010000200013>.

WINGER, B. M.; WEEKS, B. C.; FARNSWORTH, A.; JONES, A. W.; HENNEN, M.; WILLARD, D. E.. **Nocturnal flight-calling behaviour predicts vulnerability to artificial light in migratory birds**. *Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences*, [S.L.], v. 286, n. 1900, p. 20190364, 3 abr. 2019. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.0364>.

APÊNDICE A - Características dos prédios amostrados no *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.

Prédios	Número de colisões	Altura (m)	Área construída (m²)	Área de vidro (m²)	Área relativa (%)	Vidro transparente (m²)	Vidro com adesivo (m²)	Vidro refletivo (m²)	Vidro com película preta (m²)	Vidro com película laranja (m²)	Vidro opaco (m²)
CCHB	38	8,6	1180	572,71	33,74	506,46	0	0	7,5	26,25	32,5
CCGT	24	7,98	1778	624,99	39,88	437,4	97,59	0	52,08	0	24
FINEP 3 e 4	15	8,27	1141,6	413,99	26,32	383,88	0	0	30,11	0	0
GAD	13	8,92	596,05	624,99	41,32	210,58	0	0,82	23,52	100,16	0
FINEP 1 e 2	12	8,62	1910	611,63	25,05	402,07	0	0	118,06	91,5	0
Pontos de ônibus	11	3,05	22,26	27,23	31,26	27,22	0	0	0	0	0
ATLab	9	8,52	5111	863,38	33,8	770,86	2,81	42,15	22,5	29,48	0
AT2	8	12,95	1084	387,72	21,24	274,08	0	0	113,64	0	0
CCTS	7	7,98	1778	624,99	39,88	441,1	136,67	0	23,23	0	24
Biblioteca	6	8,92	1313,52	433,71	29,03	347,18	0	0	78,24	5,62	0,88
AT1	5	8,5	1260	662,61	37,35	662,61	0	0	0	0	0
Ambulatório	2	4,23	355,11	56,9	15,22	1,78	0	0	0	0	0
RU	2	4,45	620	123,44	23,15	123,44	0	0	0	0	0
Manutenção	0	4,45	622	32,91	5,77	29,92	0	0	0	0	0

APÊNDICE B - Cobertura da terra no entorno (50 m) dos prédios amostrados no campus de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.

Prédios	Número de colisões	Vegetação (m²)	Gramado (m²)	Árvores (m²)	Impermeável (m²)	Construções (m²)
CCHB	38	0	6183,80	6008,85	4675,46	1038,87
CCGT	24	2224,88	4284,09	2740,2	6802,44	1035,79
FINEP 3 e 4	15	6315,63	4300,81	3165,07	1635,73	1545,24
GAD	13	2175,09	6352,59	2347,85	3430,37	0
FINEP 1 e 2	12	1384,21	4952,64	7838,34	3772,99	2862,11
Pontos de ônibus	11	0	2851,36	2968,4	2418,32	1343,63
ATLab	9	8325,73	4462,35	4326,12	6315,61	357,59
AT2	8	0	1071,39	5024,55	7103,06	2102,79
CCTS	7	3856,02	3946,42	2966,02	5140,82	1168,83
Biblioteca	6	0	2925,66	6534,01	6698,16	589,74
AT1	5	0	1153,41	7777,99	5745,53	3058,31
Ambulatório	2	4630,03	5296,18	1089,61	1720,67	0
RU	2	1730,39	6273,76	2414,06	2881,57	0
Manutenção	0	3371,12	4967	3673,64	1088,19	345,01

APÊNDICE C - Informações sobre cada espécie vítima de colisões em estruturas de vidro no campus de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos.

Ordem	Família	Espécie	Nº de colisões	Peso (g) MED ± DP	Comprimento total (cm) MED ± DP	Asa (cm) MED ± DP	Cauda (cm) MED ± DP
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	8	42 ± 4,97	16,7 ± 089	8,95 ± 0,36	6,35 ± 0,26
		<i>Columba livia</i>	3	-	-	-	-
		<i>Patagioenas picazuro</i>	1	-	-	-	-
		<i>Patagioenas cayennesnis</i>	1	232	31,4	18,9	10,6
		<i>Zenaida auriculata</i>	9	101 ± 24,04	22,75 ± 0,84	13,45 ± 0,39	8 ± 0,59
		<i>Leptotila verreauxi</i>	4	150 ± 20,82	25,4 ± 3,56	14,4 ± 0,54	10,4 ± 1,33
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	1	-	-	-	-
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes melanochloros</i>	1	120	28,1	15	10
		<i>Colaptes campestris</i>	1	171	30,5	15,8	11,3
		<i>Celeus flavescens</i>	1	130	29,5	15,2	8,9
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	1	-	-	-	-
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	1	18,5	15	6,9	6,5
	Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	1	51,5	18,4	9,6	6,6
	Pipridae	<i>Chiroxiphia caudata</i>	1	25	14,2	7,4	4,9
	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	2	11,5 ± 0,71	11 ± 0,57	9,175 ± 0,11	3,975 ± 0,25
	Troglodytidae	<i>Troglodytes musculus</i>	1	-	-	-	-
	Turdidae	<i>Turdus flavipes</i>	1	-	19	11,2	8,1
		<i>Turdus leucomelas</i>	7	67 ± 12,29	22,4 ± 1,73	11,7 ± 0,43	8,8 ± 0,65
	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	1	23,5	14,6	5,6	5,8
	Parulidae	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	1	11,5	14,2	5,9	5,5
		<i>Basileuterus culicivorus</i>	1	8,5	11,8	5,5	5,4
	Thraupidae	<i>Thraupis sayaca</i>	3	32	16,2	9	6

	<i>Thraupis palmarum</i>	1	-	-	9,5	6,4
	<i>Stilpnia cayana</i>	3	18,5	13,4	7,5	5,3
	<i>Sicalis flaveola</i>	5	$18 \pm 1,29$	$13 \pm 0,41$	$6,95 \pm 0,37$	$4,875 \pm 0,62$
	<i>Volatinia jacarina</i>	2	9,5	$10,65 \pm 0,92$	$5,425 \pm 0,67$	$4,2 \pm 0,42$
	<i>Coryphospingus cucullatus</i>	1	36	19	8,6	9,5
	<i>Tachyphonus coronatus</i>	1	27,5	16,7	8,5	7,3
	<i>Dacnis cayana</i>	1	13	11,4	6,5	4,4
Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	1	-	10,6	6,7	3,8
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	3	$20,5 \pm 0,71$	$13,55 \pm 0,78$	$6,7 \pm 0,15$	$5,7 \pm 0,42$
Total		69				

ANEXO A - Regras de formatação para submissão da revista *Ornithology Research*.

Fonte: <https://link.springer.com/journal/43388/submission-guidelines>.

Instructions for Authors

Article Types

ORIGINAL ARTICLES should not exceed 50 doubled-spaced pages, including tables, figures and references. The sections of the original articles should be: Abstract, Keywords, Introduction, Methods, Results, Discussion, Acknowledgments, and References. In case manuscripts do not adhere to the size or general structure indicated, please contact the journal for a previous analysis on suitability.

REVIEWS should not exceed 15,000 words, excluding tables, figure legends and references.

SHORT COMMUNICATIONS should not exceed 1,500 words, excluding abstract and references, with up to 2 figures and 2 tables. Short communications should not have subheadings, and should have the sections Acknowledgments and References.

COMMENTARIES, BOOK REVIEWS, OBITUARIES should follow the instructions for Short Communications.

Manuscript Submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission

has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Source Files

Please ensure you provide all relevant editable source files at every submission and revision. Failing to submit a complete set of editable source files will result in your article not being considered for review. For your manuscript text please always submit in common word processing formats such as .docx or LaTeX.

Submitting Declarations

Please note that [Author Contribution information](#) and [Competing Interest information](#) must be provided at submission via the submission interface. Only the information submitted via the interface will be used in the final published version. Please make sure that if you are an editorial board member and also a listed author that you also declare this information in the Competing Interest section of the interface.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information on these statements as well as possible other mandatory statements.

ORCID ID

This publication requires that the corresponding author provides his/her ORCID ID before proceeding with submission.

For more information about this journal’s ORCID policy, please visit the [ORCID FAQ](#)

Title Page

Please make sure your title page contains the following information.

Title

The title should be concise and informative.

Author information

- The name(s) of the author(s)
- The affiliation(s) of the author(s), i.e. institution, (department), city, (state), country
- A clear indication and an active e-mail address of the corresponding author
- If available, the 16-digit [ORCID](#) of the author(s)

If address information is provided with the affiliation(s) it will also be published.

For authors that are (temporarily) unaffiliated we will only capture their city and country of residence, not their e-mail address unless specifically requested.

Large Language Models (LLMs), such as [ChatGPT](#), do not currently satisfy our [authorship criteria](#). Notably an attribution of authorship carries with it accountability for the work, which cannot be effectively applied to LLMs. Use of an LLM should be properly documented in the Methods section (and if a Methods section is not available, in a suitable alternative part) of the manuscript.

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

For life science journals only (when applicable)

- Trial registration number and date of registration for prospectively registered trials
- Trial registration number and date of registration, followed by “retrospectively registered”, for retrospectively registered trials

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Statements and Declarations

The following statements should be included under the heading "Statements and Declarations" for inclusion in the published paper. Please note that submissions that do not include relevant declarations will be returned as incomplete.

- **Competing Interests:** Authors are required to disclose financial or non-financial interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Please refer to “Competing Interests and Funding” below for more information on how to complete this section.

Please see the relevant sections in the submission guidelines for further information as well as various examples of wording. Please revise/customize the sample statements according to your own needs.

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. We recommend using [Springer Nature’s LaTeX template](#).

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

References

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Please alphabetize according to the following rules: 1) For one author, by name of author, then chronologically; 2) For two authors, by name of author, then name of coauthor, then chronologically; 3) For more than two authors, by name of first author, then chronologically.

If available, please always include DOIs as full DOI links in your reference list (e.g. “<https://doi.org/abc>”).

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738.
<https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med.* <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics.* Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure.* Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

[ISSN LTWA](#)

If you are unsure, please use the full journal title.

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

Artwork and Illustrations Guidelines

Electronic Figure Submission

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices [Supplementary Information (SI)] should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted within the body of the text. Only if the file size of the manuscript causes problems in uploading it, the large figures should be submitted separately from the text.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Generative AI Images

Please check [Springer's policy on generative AI images](#) and make sure your work adheres to the principles described therein.

Supplementary Information (SI)

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as Supplementary Information, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.
- High resolution (streamable quality) videos can be submitted up to a maximum of 25GB; low resolution videos should not be larger than 5GB.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB for high resolution files; 5 GB for low resolution files
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Supplementary Information (SI) will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

Generative AI Images

Please check [Springer's policy on generative AI images](#) and make sure your work adheres to the principles described therein.

After Acceptance

Upon acceptance, your article will be exported to Production to undergo typesetting. Shortly after this you will receive two e-mails. One contains a request to confirm your affiliation, choose the publishing model for your article, as well as to arrange rights and payment of any associated publication cost. A second e-mail containing a link to your article's proofs will be sent once typesetting is completed.

Article publishing agreement

Depending on the ownership of the journal and its policies, you will either grant the Publisher an exclusive licence to publish the article or will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Publication of color illustrations is free of charge.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

Open Choice

Open Choice allows you to publish open access in more than 1850 Springer Nature journals, making your research more visible and accessible immediately on publication.

Article processing charges (APCs) vary by journal – [view the full list](#)

Benefits:

- Increased researcher engagement: Open Choice enables access by anyone with an internet connection, immediately on publication.
- Higher visibility and impact: In Springer hybrid journals, OA articles are accessed 4 times more often on average, and cited 1.7 more times on average*.
- Easy compliance with funder and institutional mandates: Many funders require open access publishing, and some take compliance into account when assessing future grant applications.

It is easy to find funding to support open access – please see our funding and support pages for more information.

*) Within the first three years of publication. Springer Nature hybrid journal OA impact analysis, 2018.

[Open Choice](#)

[Funding and Support pages](#)

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

[Find more about the license agreement](#)

Research Data Policy and Data Availability Statements

This journal follows Springer Nature [research data policy](#). Sharing of all relevant research data is strongly encouraged and authors must add a Data Availability Statement to original research articles.

Research data includes a wide range of types, including spreadsheets, images, textual extracts, archival documents, video or audio, interview notes or any specialist formats generated during research.

Data availability statements

All original research must include a data availability statement. This statement should explain how to access data supporting the results and analysis in the article, including links/citations to publicly archived datasets analysed or generated during the study. Please see our full policy [here](#).

If it is not possible to share research data publicly, for instance when individual privacy could be compromised, this statement should describe how data can be accessed and any conditions for reuse. Participant consent should be obtained and documented prior to data collection. See our [guidance on sensitive data](#) for more information.

When creating a data availability statement, authors are encouraged to consider the minimal dataset that would be necessary to interpret, replicate and build upon the findings reported in the article.

Further guidance on writing a data availability statement, including examples, is available at:

[Data availability statements](#)

Data repositories

Authors are strongly encouraged to deposit their supporting data in a publicly available repository. Sharing your data in a repository promotes the integrity, discovery and reuse of your research, making it easier for the research community to build on and credit your work.

See our [data repository guidance](#) for information on finding a suitable repository.

We recommend the use of discipline-specific repositories where available. For a number of data types, submission to specific public repositories is mandatory.

See our [list of mandated data types](#).

The journal encourages making research data available under open licences that permit reuse. The journal does not enforce use of particular licences in third party repositories. You should ensure you have necessary rights to share any data that you deposit in a repository.

Data citation

The journal recommends that authors cite any publicly available data on which the conclusions of the paper rely. This includes data the authors are sharing alongside their publication and any secondary data the authors have reused. Data citations should include a persistent identifier (such as a DOI), should be included in the reference list using the minimum information recommended by [DataCite](#) (Dataset Creator, Dataset Title, Publisher [repository], Publication Year, Identifier [e.g. DOI, Handle, Accession or ARK]) and follow journal style.

See our [further guidance](#) on citing datasets.

Research data and peer review

If the journal that you are submitting to uses double-anonymous peer review and you are providing reviewers with access to your data (for example via a repository link, supplementary information or data on request), it is strongly suggested that the authorship in the data is also anonymised. There are [data repositories that can assist with this](#) and/or will create a link to mask the authorship of your data.

Support with research data policy

Authors who need help understanding our data sharing policy, finding a suitable data repository, or organising and sharing research data can consult our [Research Data Helpdesk](#) for guidance.

See our [FAQ page](#) for more information on Springer Nature's research data policy.

Scientific style

Common names should appear non-capitalized throughout the text, including References.

Genus and species names should be in italics. In the first mention in the text the scientific name could include the author and year describing the species. This is mandatory for manuscripts on taxonomic or nomenclature issues.

If authors choose to cite author and year for one species, all other species mentioned should also contain this information.

We recommend using standardized species lists where species names, authors and years are carefully checked, e.g. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43388-021-00058-x>.

Ethical Responsibilities of Authors

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics ([COPE](#)) the journal will follow the [COPE](#) guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation is helped by following the rules of good scientific practice, which include*:

- The manuscript should not be submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The submitted work should be original and should not have been published elsewhere in any form or language (partially or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work. (Please provide transparency on the re-use of material to avoid the concerns about text-recycling ('self-plagiarism').
- A single study should not be split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (i.e. 'salami-slicing/publishing').
- Concurrent or secondary publication is sometimes justifiable, provided certain conditions are met. Examples include: translations or a manuscript that is intended for a different group of readers.
- Results should be presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification or inappropriate data manipulation (including image based manipulation). Authors should adhere to discipline-specific rules for acquiring, selecting and processing data.
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ('plagiarism'). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks (to indicate words taken from another source) are used for verbatim copying of material, and permissions secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- Authors should make sure they have permissions for the use of software, questionnaires/(web) surveys and scales in their studies (if appropriate).
- Research articles and non-research articles (e.g. Opinion, Review, and Commentary articles) must cite appropriate and relevant literature in support of the claims made. Excessive and inappropriate self-citation or coordinated

efforts among several authors to collectively self-cite is strongly discouraged.

- Authors should avoid untrue statements about an entity (who can be an individual person or a company) or descriptions of their behavior or actions that could potentially be seen as personal attacks or allegations about that person.
- Research that may be misapplied to pose a threat to public health or national security should be clearly identified in the manuscript (e.g. dual use of research). Examples include creation of harmful consequences of biological agents or toxins, disruption of immunity of vaccines, unusual hazards in the use of chemicals, weaponization of research/technology (amongst others).
- Authors are strongly advised to ensure the author group, the Corresponding Author, and the order of authors are all correct at submission. Adding and/or deleting authors during the revision stages is generally not permitted, but in some cases may be warranted. Reasons for changes in authorship should be explained in detail. Please note that changes to authorship cannot be made after acceptance of a manuscript.

*All of the above are guidelines and authors need to make sure to respect third parties rights such as copyright and/or moral rights.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results presented. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential or proprietary data is excluded.

If there is suspicion of misbehavior or alleged fraud the Journal and/or Publisher will carry out an investigation following [COPE](#) guidelines. If, after investigation, there are valid concerns, the author(s) concerned will be contacted under their given e-mail address and given an opportunity to address the issue. Depending on the situation, this may result in the Journal's and/or Publisher's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the manuscript is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.

- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction:
 - an erratum/correction may be placed with the article
 - an expression of concern may be placed with the article
 - or in severe cases retraction of the article may occur.

The reason will be given in the published erratum/correction, expression of concern or retraction note. Please note that retraction means that the article is maintained on the platform, watermarked “retracted” and the explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

- The author’s institution may be informed
- A notice of suspected transgression of ethical standards in the peer review system may be included as part of the author’s and article’s bibliographic record.

Fundamental errors

Authors have an obligation to correct mistakes once they discover a significant error or inaccuracy in their published article. The author(s) is/are requested to contact the journal and explain in what sense the error is impacting the article. A decision on how to correct the literature will depend on the nature of the error. This may be a correction or retraction. The retraction note should provide transparency which parts of the article are impacted by the error.

Suggesting / excluding reviewers

Authors are welcome to suggest suitable reviewers and/or request the exclusion of certain individuals when they submit their manuscripts. When suggesting reviewers, authors should make sure they are totally independent and not connected to the work in any way. It is strongly recommended to suggest a mix of reviewers from different countries and different institutions. When suggesting reviewers, the Corresponding Author must provide an institutional email address for each suggested reviewer, or, if this is not possible to include other means of verifying the identity such as a link to a personal homepage, a link to the publication record or a researcher or author ID in the submission letter. Please note that the Journal

may not use the suggestions, but suggestions are appreciated and may help facilitate the peer review process.

Compliance with Ethical Standards

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled “Compliance with Ethical Standards” when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

Competing Interests

Authors are requested to disclose interests that are directly or indirectly related to the work submitted for publication. Interests within the last 3 years of beginning the work (conducting the research and preparing the work for submission) should

be reported. Interests outside the 3-year time frame must be disclosed if they could reasonably be perceived as influencing the submitted work. Disclosure of interests provides a complete and transparent process and helps readers form their own judgments of potential bias. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate.

Editorial Board Members and Editors are required to declare any competing interests and may be excluded from the peer review process if a competing interest exists. In addition, they should exclude themselves from handling manuscripts in cases where there is a competing interest. This may include – but is not limited to – having previously published with one or more of the authors, and sharing the same institution as one or more of the authors. Where an Editor or Editorial Board Member is on the author list we recommend they declare this in the competing interests section on the submitted manuscript. If they are an author or have any other competing interest regarding a specific manuscript, another Editor or member of the Editorial Board will be assigned to assume responsibility for overseeing peer review. These submissions are subject to the exact same review process as any other manuscript. Editorial Board Members are welcome to submit papers to the journal. These submissions are not given any priority over other manuscripts, and Editorial Board Member status has no bearing on editorial consideration.

Interests that should be considered and disclosed but are not limited to the following:

Funding: Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number) and/or research support (including salaries, equipment, supplies, reimbursement for attending symposia, and other expenses) by organizations that may gain or lose financially through publication of this manuscript.

Employment: Recent (while engaged in the research project), present or anticipated employment by any organization that may gain or lose financially through publication of this manuscript. This includes multiple affiliations (if applicable).

Financial interests: Stocks or shares in companies (including holdings of spouse and/or children) that may gain or lose financially through publication of this

manuscript; consultation fees or other forms of remuneration from organizations that may gain or lose financially; patents or patent applications whose value may be affected by publication of this manuscript.

It is difficult to specify a threshold at which a financial interest becomes significant, any such figure is necessarily arbitrary, so one possible practical guideline is the following: "Any undeclared financial interest that could embarrass the author were it to become publicly known after the work was published."

Non-financial interests: In addition, authors are requested to disclose interests that go beyond financial interests that could impart bias on the work submitted for publication such as professional interests, personal relationships or personal beliefs (amongst others). Examples include, but are not limited to: position on editorial board, advisory board or board of directors or other type of management relationships; writing and/or consulting for educational purposes; expert witness; mentoring relations; and so forth.

Primary research articles require a disclosure statement. Review articles present an expert synthesis of evidence and may be treated as an authoritative work on a subject. Review articles therefore require a disclosure statement. Other article types such as editorials, book reviews, comments (amongst others) may, dependent on their content, require a disclosure statement. If you are unclear whether your article type requires a disclosure statement, please contact the Editor-in-Chief.

Please note that, in addition to the above requirements, funding information (given that funding is a potential competing interest (as mentioned above)) needs to be disclosed upon submission of the manuscript in the peer review system. This information will automatically be added to the Record of CrossMark, however it is not added to the manuscript itself. Under 'summary of requirements' (see below) funding information should be included in the 'Declarations' section.

Summary of requirements

The above should be summarized in a statement and placed in a 'Declarations' section before the reference list under a heading of 'Funding' and/or 'Competing interests'. Other declarations include Ethics approval, Consent, Data, Material and/or Code availability and Authors' contribution statements.

Please see the various examples of wording below and revise/customize the sample statements according to your own needs.

When all authors have the same (or no) conflicts and/or funding it is sufficient to use one blanket statement.

Examples of statements to be used when funding has been received:

- Partial financial support was received from [...]
- The research leading to these results received funding from [...] under Grant Agreement No[...].
- This study was funded by [...]
- This work was supported by [...] (Grant numbers [...] and [...])

Examples of statements to be used when there is no funding:

- The authors did not receive support from any organization for the submitted work.
- No funding was received to assist with the preparation of this manuscript.
- No funding was received for conducting this study.
- No funds, grants, or other support was received.

Examples of statements to be used when there are interests to declare:

- Financial interests: Author A has received research support from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company W and owns stock in Company X. Author C is consultant to company Y.
Non-financial interests: Author C is an unpaid member of committee Z.
- Financial interests: The authors declare they have no financial interests.
Non-financial interests: Author A is on the board of directors of Y and receives no compensation as member of the board of directors.
- Financial interests: Author A received a speaking fee from Y for Z. Author B receives a salary from association X. X where s/he is the Executive

Director.

Non-financial interests: none.

- Financial interests: Author A and B declare they have no financial interests. Author C has received speaker and consultant honoraria from Company M and Company N. Dr. C has received speaker honorarium and research funding from Company M and Company O. Author D has received travel support from Company O.

Non-financial interests: Author D has served on advisory boards for Company M, Company N and Company O.

Examples of statements to be used when authors have nothing to declare:

- The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.
- The authors have no competing interests to declare that are relevant to the content of this article.
- All authors certify that they have no affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest or non-financial interest in the subject matter or materials discussed in this manuscript.
- The authors have no financial or proprietary interests in any material discussed in this article.

Authors are responsible for correctness of the statements provided in the manuscript. See also Authorship Principles. The Editor-in-Chief reserves the right to reject submissions that do not meet the guidelines described in this section.

Authorship principles

These guidelines describe authorship principles and good authorship practices to which prospective authors should adhere to.

Authorship clarified

The Journal and Publisher assume all authors agreed with the content and that all gave explicit consent to submit and that they obtained consent from the responsible authorities at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.

The Publisher does not prescribe the kinds of contributions that warrant authorship. It is recommended that authors adhere to the guidelines for authorship that are applicable in their specific research field. In absence of specific guidelines it is recommended to adhere to the following guidelines*:

All authors whose names appear on the submission

- 1) made substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data; or the creation of new software used in the work;
- 2) drafted the work or revised it critically for important intellectual content;
- 3) approved the version to be published; and
- 4) agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

* Based on/adapted from:

[ICMJE, Defining the Role of Authors and Contributors,](#)

[Transparency in authors' contributions and responsibilities to promote integrity in scientific publication, McNutt at all, PNAS February 27, 2018](#)

Disclosures and declarations

All authors are requested to include information regarding sources of funding, financial or non-financial interests, study-specific approval by the appropriate ethics committee for research involving humans and/or animals, informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals (as appropriate).

The decision whether such information should be included is not only dependent on the scope of the journal, but also the scope of the article. Work submitted for

publication may have implications for public health or general welfare and in those cases it is the responsibility of all authors to include the appropriate disclosures and declarations.

Data transparency

All authors are requested to make sure that all data and materials as well as software application or custom code support their published claims and comply with field standards. Please note that journals may have individual policies on (sharing) research data in concordance with disciplinary norms and expectations.

Role of the Corresponding Author

One author is assigned as Corresponding Author and acts on behalf of all co-authors and ensures that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately addressed.

The Corresponding Author is responsible for the following requirements:

- ensuring that all listed authors have approved the manuscript before submission, including the names and order of authors;
- managing all communication between the Journal and all co-authors, before and after publication;*
- providing transparency on re-use of material and mention any unpublished material (for example manuscripts in press) included in the manuscript in a cover letter to the Editor;
- making sure disclosures, declarations and transparency on data statements from all authors are included in the manuscript as appropriate (see above).

* The requirement of managing all communication between the journal and all co-authors during submission and proofing may be delegated to a Contact or Submitting Author. In this case please make sure the Corresponding Author is clearly indicated in the manuscript.

Author contributions

In absence of specific instructions and in research fields where it is possible to describe discrete efforts, the Publisher recommends authors to include contribution

statements in the work that specifies the contribution of every author in order to promote transparency. These contributions should be listed at the separate title page.

Examples of such statement(s) are shown below:

- Free text:

All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by [full name], [full name] and [full name]. The first draft of the manuscript was written by [full name] and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Example: CRediT taxonomy:

- Conceptualization: [full name], ...; Methodology: [full name], ...; Formal analysis and investigation: [full name], ...; Writing - original draft preparation: [full name, ...]; Writing - review and editing: [full name], ...; Funding acquisition: [full name], ...; Resources: [full name], ...; Supervision: [full name],....

For review articles where discrete statements are less applicable a statement should be included who had the idea for the article, who performed the literature search and data analysis, and who drafted and/or critically revised the work.

For articles that are based primarily on the student's dissertation or thesis, it is recommended that the student is usually listed as principal author:

A Graduate Student's Guide to Determining Authorship Credit and Authorship Order, APA Science Student Council 2006

Affiliation

The primary affiliation for each author should be the institution where the majority of their work was done. If an author has subsequently moved, the current address may additionally be stated. Addresses will not be updated or changed after publication of the article.

Changes to authorship

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, the Corresponding Author, and the order of authors at submission. Changes of authorship by adding or deleting authors, and/or changes in Corresponding Author, and/or changes in the sequence of authors are not accepted after acceptance of a manuscript.

- Please note that author names will be published exactly as they appear on the accepted submission!

Please make sure that the names of all authors are present and correctly spelled, and that addresses and affiliations are current.

Adding and/or deleting authors at revision stage are generally not permitted, but in some cases it may be warranted. Reasons for these changes in authorship should be explained. Approval of the change during revision is at the discretion of the Editor-in-Chief. Please note that journals may have individual policies on adding and/or deleting authors during revision stage.

Author identification

Authors are recommended to use their [ORCID](#) ID when submitting an article for consideration or acquire an [ORCID](#) ID via the submission process.

Deceased or incapacitated authors

For cases in which a co-author dies or is incapacitated during the writing, submission, or peer-review process, and the co-authors feel it is appropriate to include the author, co-authors should obtain approval from a (legal) representative which could be a direct relative.

Authorship issues or disputes

In the case of an authorship dispute during peer review or after acceptance and publication, the Journal will not be in a position to investigate or adjudicate. Authors will be asked to resolve the dispute themselves. If they are unable the Journal reserves the right to withdraw a manuscript from the editorial process or in case of a published paper raise the issue with the authors' institution(s) and abide by its guidelines.

Confidentiality

Authors should treat all communication with the Journal as confidential which includes correspondence with direct representatives from the Journal such as Editors-in-Chief and/or Handling Editors and reviewers' reports unless explicit consent has been received to share information.

Editorial procedure

Single-blind peer review

This journal follows a single-blind reviewing procedure.

This journal also publishes special/guest-edited issues. The peer review process for these articles is the same as the peer review process of the journal in general.

Additionally, if a guest editor authors an article in their issue/collection, they will not handle the peer review process.

Editing Services

English

How can you help improve your manuscript for publication?

Presenting your work in a well-structured manuscript and in well-written English gives it its best chance for editors and reviewers to understand it and evaluate it fairly. Many researchers find that getting some independent support helps them present their results in the best possible light. The experts at Springer Nature Author Services can help you with manuscript preparation—including English language editing, developmental comments, manuscript formatting, figure preparation, translation, and more.

You can also use our free [Grammar Check](#) tool for an evaluation of your work.

Please note that using these tools, or any other service, is not a requirement for publication, nor does it imply or guarantee that editors will accept the article, or even select it for peer review.

Open access publishing

To find out more about publishing your work Open Access in *Ornithology Research*, including information on fees, funding and licenses, visit our [Open access publishing page](#).