

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**CAMILA ESSER TENFEN**

**IDENTIFICANDO TENDÊNCIAS DE COLISÕES ENTRE AVES E VIDRAÇAS EM  
UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO RURAL DO PARANÁ**

**DOIS VIZINHOS**

**2022**

**CAMILA ESSER TENFEN**

**IDENTIFICANDO TENDÊNCIAS DE COLISÕES ENTRE AVES E VIDRAÇAS EM  
UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO RURAL DO PARANÁ**

**Identifying bird-window collision trends in a rural university campus in the  
state of Paraná, Brazil**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Licenciado em Ciências Biológicas da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira

**DOIS VIZINHOS**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**CAMILA ESSER TENFEN**

**IDENTIFICANDO TENDÊNCIAS DE COLISÕES ENTRE AVES E VIDRAÇAS EM  
UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO RURAL DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Licenciado em Ciências Biológicas da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 21/junho/2022

---

Augusto João Piratelli  
Doutorado  
Universidade Federal de São Carlos

---

Huilquer Francisco Vogel  
Doutorado  
Universidade Estadual do Paraná, Campus FAFIUV.

---

Joseane Aparecida Derengoski  
Mestrado  
Neofloresta – Serviços Ecosistêmicos

**DOIS VIZINHOS**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Sempre deixamos passar alguém especial quando vamos aos agradecimentos, porém, a todos que de alguma forma me incentivaram a continuar essa pesquisa, saibam que sempre estarão voando comigo, obrigada.

Agradeço minha família, e meu primo João Pedro Maximino Gongora Godoi, pois sem eles eu não teria vindo parar em Dois Vizinhos.

A minha orientadora da primeira parte deste trabalho Profa. Dra. Dienes Aparecida Sereia Oliveira, por todo apoio, sabedoria e “sofrimento compartilhado” principalmente durante os tempos sombrios de EAD.

A Ma. Cecília Licarião Barreto Luna, que somente após conhecê-la é que me dei conta de quão apaixonante e encantador é a simples prática de parar e observar aves.

Ao professor e atual orientador Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira, por aceitar “pegar o bonde andando” e por todas as contribuições que foram importantíssimas para a conclusão deste trabalho.

A todos os professores com quem tive contato durante a graduação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento aos verdadeiros amigos feitos durante essa trajetória, sem eles a caminhada teria sido árdua.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta pesquisa.

Os moradores das cidades e seus representantes eleitos tendem a ser confrontados com uma tarefa que nem por exagero de imaginação seriam capazes de cumprir: a de encontrar soluções locais para contradições globais.  
(BAUMAN, Zygmunt, 2012).

## RESUMO

Estudos que investigam a mortalidade aviária anual por colisões em estruturas de vidro mostram que bilhões de aves morrem todos os anos. Esses trabalhos visam compreender os aspectos que influenciam a ocorrência desses acidentes para que métodos de mitigação e políticas públicas sejam desenvolvidas e adotadas. O Brasil abriga uma das maiores biodiversidades de aves do planeta, no entanto, o conhecimento sobre o assunto ainda é limitado, uma vez que os esforços dedicados a essas pesquisas ainda são poucos. Sendo assim, o presente projeto buscou investigar as colisões e mortes de aves em estruturas de vidros no *campus* Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e potenciais fatores que explicam suas tendências. Para isso, por meio de busca ativa de colisões entre aves e vidros foram levantados dados de ocorrência de acidentes em 29 prédios da instituição entre os anos de 2020 e 2021. Os dados obtidos foram analisados por estatística descritiva e inferencial para identificar características e tendências que possam influenciar esses acidentes, tais como a área do vidro, o tipo do vidro e o ambiente circundante às edificações. Ao todo foram registradas 1010 colisões entre aves e vidros em 21 dos 29 prédios pesquisados e 76 mortes foram registradas com 21 espécies de 12 famílias distintas, sendo *Zenaida auriculata*, *Thraupis sayaca* e *Turdus amaurochalinus* as maiores vítimas. A partir da correlação de Pearson evidenciou-se que a área de vidro se correlacionou fortemente, de forma positiva, com as taxas de mortes e colisões. Ainda, constatou-se que o tipo de vidro espelhado apresentou uma tendência a influenciar as taxas de colisões e mortes quando comparado aos vidros reflexivos e transparentes, sendo um fator muito relevante em algumas das edificações. Conclui-se que a área e o tipo de vidro foram os fatores mais determinantes para os acidentes.

**Palavras-chave:** Mortalidade; Fachadas; Avifauna; Urbanização.

## ABSTRACT

Studies investigating annual avian mortality from collisions in glass structures show that billions of birds die each year. North America, a pioneer in this research, has a rate of about 1 billion birds wiped out annually by collisions. This work aims to understand the aspects that influence the occurrence of these accidents so that mitigation methods and public measures can be developed and adopted. Brazil is home to one of the greatest bird biodiversities on the planet; however, knowledge on the subject is still limited, since the efforts dedicated to this research are still few. Therefore, this project aimed to investigate the collisions and deaths of birds on glass structures in the Dois Vizinhos campus of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná and potential factors that explain their trends. To this end, through an active search for collisions between birds and glass, data on the occurrence of accidents in 29 buildings of the institution between the years 2020 and 2021 were collected. The data obtained were analyzed by descriptive and inferential statistics to identify characteristics and trends that may influence these accidents, such as the area of the glass, the type of glass, and the environment surrounding the buildings. In all, 1010 collisions between birds and glass were registered in 21 of the 29 buildings surveyed, and 76 deaths were registered with 21 species from 12 different families, with *Zenaida auriculata*, *Thraupis sayaca* and *Turdus amaurochalinus* being the major victims. Pearson's correlation showed that the glass area correlated strongly, positively, with the death and collision rates. Also, it was found that the type of mirrored glass showed a tendency to influence the rates of collisions and deaths when compared to reflective and transparent glass, being a very relevant factor in some of the buildings. It is concluded that the glass area and the type of glass were the most determining factors for the accidents.

**Keywords:** Mortality; Facades; Birds; Urbanization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Padrões de adesivos testados para mitigar colisões entre aves e vidros.	20
Figura 2 – Mapa da localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos .....	23
Figura 3 – Prédios pesquisados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos. ....	25
Fotografia 1 - Marcas de colisões encontradas nos vidros dos prédios pesquisados da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos .....	28
Fotografia 2 – Espécies de aves encontradas sem vida próximos aos vidros pesquisados durante as coletas de dados. ....	29
Fotografia 4 - Restaurante Universitário (RU) .....	39
Fotografia 5 - Miniauditórios (MA) .....	41
Fotografia 6 – Bloco administrativo K.....	42
Fotografia 7 - Laboratório de Controle Biológico (LCB).....	44
Fotografia 8 - Centro de Convivência (CC) .....	45
Gráfico 1 – Número de colisões registradas por local pesquisado.....	33
Gráfico 2 - Correlação entre número de mortes e área de vidro .....	35
Gráfico 3 - Correlação entre número de colisões e área de vidro .....	35
Gráfico 4 – Mortes por m <sup>2</sup> de vidro nos diferentes tipos de vidro presentes nos 5 pontos com mais de 60 colisões registradas.....	46
Gráfico 5 - Colisões por m <sup>2</sup> de vidro nos diferentes tipos de vidro presentes nos 5 pontos com mais de 60 colisões registradas.....	47



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de espécies mortas por local pesquisado .....	32
Tabela 2 – Área total de vidro em m <sup>2</sup> , tipo de vidro presente na estrutura, número de colisões registrada e número de colisões por m <sup>2</sup> de vidro, número de mortes e mortes por m <sup>2</sup> de vidro nos postos pesquisados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos. ....	34
Tabela 3 - Especificações sobre registros nos pontos com mais de 60 colisões registradas.....	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Histórico.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Fatores determinantes de colisões .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Medidas de mitigação .....</b>	<b>19</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Local de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Prédios pesquisados .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3 Levantamento de colisões.....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Análise dos resultados .....</b>	<b>26</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo do processo evolutivo o grupo das aves fixaram diversas adaptações para o voo que as possibilitaram habitar os mais diversos ecossistemas pelo mundo. Uma combinação única entre os vertebrados, formada por membros superiores adaptados em asas, recobertas com penas de voo, esterno amplo e quilhado, ossos pneumáticos de menor densidade, fusão de ossos e fisiologia única proporcionam a capacidade de voar, migrar e se irradiar em diferentes nichos (HICKMAN JR; ROBERTS; KEEN, 2014).

O grupo das aves executa diversos papéis ecológicos que garantem o equilíbrio de todo o ecossistema, como por exemplo, a dispersão de sementes, polinização, controle de espécies de pragas e ervas daninhas, ciclagem de nutrientes e controle da propagação de doenças e microrganismos no ambiente (WENNY, et al., 2011; WHELAN, ŞEKERCIOĞLU, WENNY, 2015; MORANTE-FILHO; FARIA, 2017). Diante do “século da restauração”, as aves são grandes aliados nos processos de restauração e recuperação vegetal, uma vez que sua presença influencia positivamente tanto a dispersão quanto a riqueza funcional (SILVA; PIZO; GABRIEL, 2010; MELO; SILVA; PIRATELLI, 2020). Portanto, é extremamente necessário manter as populações de aves em equilíbrio.

Atualmente esses animais vem enfrentando novos desafios para sobreviver, pois além das causas naturais de mortalidade tais como predação, patógenos e a competição, as aves enfrentam agora o avanço da urbanização, do agronegócio e a fragmentação de seus habitats, fatores estreitamente relacionados aos grandes declínios de suas populações (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005; ALMEIDA, 2016; BESTELMEYER, et al., 2021).

Nas novas paisagens urbanas e rurais encontradas pelas aves, as estruturas de vidro têm representado um dos principais elementos que elevam os riscos de morte no cenário atual. Esses acidentes já são considerados como uma das principais causas de mortalidade aviária relacionada diretamente ao ser humano, ficando atrás apenas de predação por gatos domésticos (BLANCHER, 2013; LOSS, et al, 2014). Apesar do recente aumento nas investigações sobre o assunto ao redor do mundo, ainda existem diversas lacunas presentes principalmente na América Latina (BASILIO; MORENO; PIRATELLI, 2020).

As colisões podem acontecer em qualquer local que aves e vidros coexistam (KLEM, 1979), e mesmo possuindo uma visão bem desenvolvida e capacidade de enxergar as ondas ultravioleta do espectro (SICK, 1984) esses animais não conseguem detectar a barreira física que os vidros representam e frequentemente são atraídos pelo reflexo da vegetação do ambiente ao redor da estrutura, ou ainda, são enganados pela falsa ideia de ambiente contínuo que os vidros transparentes proporcionam, e ao tentar alcançá-los, acabam se chocando com as estruturas (KLEM, 1989; 2015). Os impactos causados nas aves decorrente dos acidentes variam conforme a intensidade do choque, podendo resultar em nenhum dano aparente, causar fraturas ósseas ou sangramentos intracranianos que levam o animal à morte longe do local do acidente (KLEM, 1990a).

Atualmente, o meio científico voltado para o assunto vem debatendo os fatores que influenciam a ocorrência desses acidentes. O fato é que cada local pode apresentar um perigo diferente, sendo este resultante da combinação de aspectos estruturais, ambientais e ecológicos que envolvem a espécie acidentada e o local do acidente (KLEM et al., 2009; NISHI et al., 2010; LOSS et al., 2019). Portanto, é necessário avaliar como esses fatores se relacionam em cada região para que métodos de mitigação eficientes sejam desenvolvidos e aplicados. Além de que, ao se conhecer as características que interferem nas colisões, se torna mais ágil a identificação e o planejamento de ações estratégicas de conservação (RIDING; O'CONNELL; LOSS, 2021).

Como a maioria das pesquisas sobre o assunto presentes na literatura foram desenvolvidas na América do Norte (BASILIO; MORENO; PIRATELLI, 2020), de certa forma as características e os métodos conhecidos dizem respeito aos padrões de biodiversidade presentes naquela região (BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017; RIBEIRO; PIRATELLI, 2020). É válido ressaltar que principalmente as regiões tropicais apresentam clima e biodiversidade únicas, bem como os padrões de vegetação diferem das demais regiões do planeta (RELYEA; RICKLEFS, 2021). Sendo assim, é necessário que diversas pesquisas locais sejam realizadas para que se possa elucidar como se relacionam os aspectos ecológicos das espécies de aves, as características estruturais e ambientais que circundam o local e a paisagem que o mesmo está inserido. Combinando esses aspectos com a sazonalidade da região e levando-se em consideração o que já se tem relatado, é possível verificar se mesmo com as diferenças presentes entre os ambientes, os

padrões de influência nesses acidentes se assemelham em diversos pontos e regiões do planeta.

A América do Sul apresenta uma elevada biodiversidade de aves e abriga os três países com maior diversidade mundial de espécies, sendo estes Colômbia, Brasil e Peru (PIACENTINI et al., 2015) A presença de florestas tropicais e subtropicais em diferentes ambientes e altitudes contribuem para a formação de habitats únicos que, por sua vez, propiciam o surgimento de espécies endêmicas. Atualmente, o Brasil possui 1971 espécies de aves registradas, dentre elas, 293 são endêmicas (PACHECO, et al., 2021).

Mesmo sendo o país da América do Sul com maior quantidade de publicações sobre colisões de aves em estruturas de vidro, o Brasil apresenta várias lacunas na literatura (STOLK et al., 2015; BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017; SANTOS; DE ABREU; DE VASCONCELOS, 2017; BASILIO; MORENO; PIRATELLI, 2020; RIBEIRO; PIRATELLI, 2020). Por exemplo, se faz necessário investigar as características ambientais e estruturais que podem ser encontradas em diferentes regiões e seus respectivos graus de influência nos acidentes; para que pontos de interesse de conservação sejam identificados com maior agilidade.

Além disso, mais técnicas de mitigação devem ser testadas para que seu uso possa ser seguramente recomendado aos cidadãos que convivem com a ocorrência dessas fatalidades. Sendo assim, o presente projeto se faz necessário e buscará contribuir na compreensão de algumas características estruturais que, quando combinadas a aspectos ambientais, podem influenciar na ocorrência de colisões e mortes de aves contra vidros.

## 2 OBJETIVOS

A seguir estão descritos os objetivos do trabalho, os quais estão subdivididos em geral e específicos.

### 2.1 Objetivo Geral

- Investigar as colisões e mortes de aves em estruturas de vidros no *campus* Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e potenciais fatores que explicam suas tendências.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Revelar os principais pontos de ocorrência de colisões e mortes de aves em vidraças na Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Dois Vizinhos;
- Identificar e quantificar as espécies de aves envolvidas nos acidentes;
- Avaliar se a área e o tipo do vidro agem como fatores determinantes de colisão.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

As estruturas de vidros são muito utilizadas em construções por possuírem baixo custo e por proporcionarem isolamento térmico e acústico, proteção solar e proteção contra incêndios (BOGAS, 2011). O emprego de estruturas contendo áreas mais amplas de vidro em construções começou a ser observado de forma mais intensa no período pós segunda guerra mundial, diante da expansão dos centros urbanos (KLEM, 1979).

Apesar de sua utilização ser vantajosa para nós humanos, essas estruturas vêm causando a morte de cerca de 1 bilhão de aves por ano somente na América do Norte (MACHTANS; WEDELES; BAYNE, 2013; LOSS et al., 2014) e já são apontados como a segunda maior causa de mortalidade aviária diretamente relacionada ao ser humano (KLEM, 2008; LOSS et al., 2014). Porém, não se há ainda um consenso absoluto sobre essa posição devido às incertezas e lacunas que necessitam de maiores investigações. Por exemplo, existem relatos na literatura que colisões de aves em estruturas de vidros matem mais que predações por gatos, uma vez que: muitas das predações realizadas por gatos domésticos são de aves que já se encontravam atordoadas ou vulneráveis após uma colisão. Os gatos são identificados como um dos principais predadores de carcaças em pesquisas de levantamento de colisões; e que, em números, janelas são muito mais presentes nos ambientes que os gatos, podendo assim causar muito mais mortes (KLEM, 2015).

#### 3.1 Histórico

O primeiro relatório abordando maiores detalhes sobre os acidentes fatais foi publicado por Townsend (1931), que na ocasião propôs que as taxas de colisões entre aves e vidros eram baixas e que os indivíduos envolvidos provavelmente apresentavam algum transtorno. Se considerarmos a época do relato, a quantidade de painéis de vidros existentes era menor, portando, pode ser aceitável a ideia de taxas de colisões baixas entre aves e vidros. Certamente, as taxas de acidentes passaram a aumentar em quantidade conforme se deu o aumento da utilização de painéis de vidro (KLEM, 1979).

Foi somente a partir dos anos 2000 que a problemática envolvendo aves e vidros passaram a ser amplamente divulgadas, ganhando maior destaque na

sociedade (ERICKSON; JOHNSON; YOUNG, 2005). Diante disso, diversos programas como *Acopian Bird Savers* (ABC - Chicago) *Ornithological Society*, *CollidEscape* e *Fatal Light Awareness Program* (FLAP) surgiram na América do Norte, os quais passaram a incentivar a utilização de medidas de prevenção de acidentes (KLEM, 2014).

Protocolos para realização de pesquisas de levantamento de dados sobre o assunto já foram elaborados (LOSS, et al., 2014b; HAGER, COSENTINO, 2014) e as taxas anuais de mortalidade aviária por acidentes com vidros estabelecidas no Canadá e Estados Unidos, as quais variaram entre 16 a 42 milhões e 365 a 988 milhões, respectivamente (MACHTANS; WEDELES; BAYNE, 2013; LOSS et al., 2014a). Esses são os únicos países do mundo a estimar taxas nacionais anuais de mortalidade de aves por colisões com vidraças (BASILIO; MORENO; PIRATELLI, 2020).

Atualmente, as investigações são voltadas para os contextos ecológicos, ambientais e estruturais presentes nos locais de ocorrência de acidentes que podem vir a interferir nas taxas e frequências de colisões (KLEM et al., 2004; HAGER et al., 2008; GELB; DELACRETAZ, 2009; KLEM, 2009b; HAGER et al., 2013; CUSA; JACKSON; MESURE, 2015; SABO et al., 2016, LOSS et al., 2019). Ao que parece, na América do Sul as primeiras publicações sobre o assunto surgem apenas a partir de 2010. Dentre os países sul-americanos, o Brasil se destaca com o maior número de estudos desenvolvidos (STOLK et al., 2015; BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017; SANTOS; DE ABREU; DE VASCONCELOS, 2017; BASILIO; MORENO; PIRATELLI, 2020; RIBEIRO; PIRATELLI, 2020), sendo que alguns deles compõem a “literatura cinza”, ou seja, são investigações que não foram publicadas em periódicos científicos, sendo desenvolvidas como teses e trabalhos de diferentes níveis de ensino superior (ARANTES, 2018; SCHNEIDER, 2018; LOPES, 2019). Além do Brasil, se tem o conhecimento até o momento apenas de trabalhos realizados na Colômbia (AGUDELO-ÁLVAREZ; MORENO-VELASQUEZ; OCAMPO-PEÑUELA, 2010) e na Argentina (REBOLO-IFRÁN; DI VIRGILIO; LAMBERTUCCI, 2019).

Em agosto de 2021, a presente autora fez uma pesquisa/busca na base de dados *Web of Science* com palavras-chaves e os *scripts booleanos*: “bird windows” AND “bird collisions” NOT “eolic” abrangendo os anos de 1945 a 2021. Dos 70 artigos selecionados para compor um banco de dados de análise cienciométrica, 48



deles eram dos Estados Unidos. Em 1979, dos 62 estudos disponíveis na literatura científica, 43 eram americanos (KLEM, 1979). Sendo assim, é notável que desde os primeiros anos de investigações sobre o assunto, os Estados Unidos é o país que se destaca quanto a quantidade de pesquisas e já investigaram diversos aspectos relacionados ao assunto.

### **3.2 Fatores determinantes de colisões**

O principal motor de colisões ente aves e vidraças é o fato de que as aves não são capazes de enxergar a barreira física que os vidros representam (KLEM, 1979; 2015). Portanto, já se tem bem relatado na literatura que alguns aspectos ecológicos e comportamentais das aves, bem como características estruturais e ambientais podem impactar significativamente as taxas de colisões, como por exemplo, o tipo de construção, o ambiente circundante, o clima e a sazonalidade, características comportamentais das espécies, a abundância e aspecto migratório (KLEM, 2014; 2015; BASÍLIO, MORENO; PIRATELLI, 2020).

Relacionadas a dimensão ecológica, as taxas de abundância de espécies geralmente estão associadas aos aspectos de interferência, sendo apontado que quanto maior a abundância de indivíduos no ambiente, maior a probabilidade de os choques ocorrerem (HAGER et al., 2008; SABO et al., 2016; WITTIG et al., 2017; NICHOLS, 2018). Quanto aos comportamentos, no momento da caça, defesa de território ou em comportamento de fuga de predadores, as aves tendem a estar mais vulneráveis a colidir com um vidro (KLEM 1979, 1989).

Quanto ao *status* migratório, os relatos vêm apontando os migratórios noturnos e de longas distâncias como mais propensos às colisões quando comparados aos migratórios diurnos e residentes, isso pelo fato de que durante a noite, as aves acabam se desorientando com as luzes dos edifícios, alterando assim sua rota e colidindo com as estruturas. Já as espécies que migram por longas distâncias, suas maiores taxas de colisão são associadas ao cansaço e desgaste das longas viagens, porém, existe uma relação positiva com as áreas utilizadas para descanso e alimentação que são mais próximas aos centros urbanos ou áreas contendo as estruturas envidraçadas (HAGER et al., 2008; HAGER et al., 2013; MACHTANS; WEDELES; BAYNE, 2013; CUSA; JACKSON; MESURE, 2015; NICHOLS, 2018; VAN DOREN et al, 2021).

Ao que tange às características estruturais e ambientais, vale ressaltar que em qualquer lugar que aves e vidros coexistem podem ocorrer colisões, entretanto, as taxas se alteram em certas combinações em função do tamanho de área de vidro e do ambiente que circunda o local (KLEM, 2015).

Em relação aos tipos de construção, um estudo avaliou as diferenças em taxas de colisões entre casas e edifícios de até 3 andares, edifícios de 4 a 11 andares e edifícios de mais de 12 andares. Em todos ocorreram colisões, porém, quando analisados de forma individual, os prédios com mais de 12 andares apresentam média anual de 24,3 aves mortas, seguido por edifícios de 4 a 11 andares com média de 21,7 aves mortas por ano e as residências e edifícios de até 3 andares apresentam média individual de apenas 2,1 aves por ano. Porém, quando se faz uma análise generalizada, comparando a quantidade total de prédios com mais de 12 andares e a quantidade total de residências, por exemplo, as residências passam a apresentar taxas mais preocupantes que os edifícios (LOSS, et al., 2014a).

Em outro estudo similar, as residências também foram apontadas como estruturas com maiores taxas de mortalidade (MACHTANS; WEDELES; BAYNE, 2013). Nos dois trabalhos, residências compunham 87,5% e 95,3% das amostras analisadas, porém, conforme Loss et al., (2014) explica, mesmo sendo considerado apenas a menor das estimativas de mortes para as residências comparadas a prédios, as mortes causadas por prédios teriam que ser 100x maiores para se equivaler as mortes por residências.

Geralmente os trabalhos que buscam avaliar a relação entre colisão e estrutura, combinam tais aspectos a características do ambiente do local. Em geral, se encontra uma correlação positiva entre aumento de vegetação e área de vidro (KLEM, 1979; CUSA; JACKSON; MESURE, 2015; HAGER et al., 2017; NICHOLS, 2018; BROWN et al., 2019; URIBE-MORFÍN, 2021) em razão de que consequentemente, a densidade de aves nestes locais aumenta, elevando assim a probabilidade de a ave ser atraída para o vidro ao se confundir com a vegetação refletida (KLEM, 2014).

Combinações específicas a nível de local ou combinações entre áreas de vidro e ambiente, em nível de paisagem, também podem explicar a frequência de colisões (KLEM, 1979; 2015). Em um estudo, os pesquisadores obtiveram uma correlação positiva entre a quantidade de mortes e a área da janela e uma

correlação negativa entre quantidade de mortes e a proporção de construções antrópicas no local. (HAGER, et al., 2013).

Em relação à sazonalidade dos registros, os relatos são divergentes, porém, vários estudos na América do Norte encontraram taxas de colisões mais altas em épocas época de migração de primavera e outono (GELB; DELACRETAZ, 2009; HAGER et al, 2013; BRACEY et al, 2016; LOSS et al, 2019; RIDING; O'CONNELL; LOSS, 2021). É válida a observação de que poucos estudos que afirmam interferência significativa quanto a época do ano baseavam-se em dados não padronizados entre todas as épocas e estações do ano (BROWN; HUNTER; SANTOS, 2020) e que um estudo desenvolvido no México não encontrou variação sazonal nas taxas de colisões (GÓMEZ-MARTINEZ, 2019).

Em relação ao clima, já fora demonstrada uma relação positiva entre ocorrência de tempestades de neve, chuvas e ventos fortes e presença de nuvens baixas com as taxas de colisões de *Scolopax minor*, a galinhola-americana, uma ave comum que ocorre no leste dos Estados Unidos e Canadá (LOSS, et al., 2020). Vale novamente enfatizar que a maior parte dos estudos é realizada na América do Norte, de modo que as características ambientais, climáticas e socioeconômicas dos países sul-americanos podem não refletir os padrões conhecidos até o momento.

Até o momento no Brasil, a maioria dos estudos não segue uma metodologia padrão de levantamento das taxas de colisões, porém, alguns aspectos sazonais como época chuvosa e seca já foram avaliados e não se mostraram influentes nas taxas de acidentes locais registradas, bem como características das aves como a dependência da floresta, tipo de asa, status de ameaça, endemismo, hábitos migratórios não interferiam nas colisões registradas na RPPN Santuário do Caraça no estado de Minas Gerais (SANTOS; DE ABREU; VASCONCELOS, 2017). Também não se tem relato positivo da influência da estação do ano nas taxas de colisões a nível local para esses acidentes (BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017).

Por fim, as pesquisas têm demonstrado ainda que as colisões acontecem principalmente durante os horários de pico de atividade das aves, sendo estes nas primeiras horas do dia e aos finais de tarde, sendo geralmente maiores as taxas pela manhã (GELB; DELACRETAZ 2009; KAHLE; FLANNERY; DUMBACHER, 2016; NICHOLS et al, 2018; RIDING; O'CONNELL; LOSS, 2021).

### 3.3 Medidas de mitigação

As soluções para essa causa de mortalidade aviária devem ser pensadas a curto e longo prazo. A curto prazo, de maneira geral, seria o comprometimento em tornar visível a barreira de vidro presente no local de modo que ao se deparar com a estrutura, a ave altere completamente sua rota de voo e não tente apenas desviar da parte identificada, vindo a se chocar com a estrutura da mesma maneira (KLEM, 2014; 2015). Para tanto, diversas estratégias podem ser empregadas, desde a aplicação de adesivos externos contendo padrões de formas geométricas e abstratas, aplicação de cordas e fios rente a estrutura, realizar pinturas e desenhos nos vidros, tornar a parte externa fosca, entre as mais diversas opções que podem ser simples, criativas e eficazes.

Já existem soluções mais sofisticadas a curto prazo que utilizam marcações ultravioletas nos vidros, tornando-os visíveis aos olhos das aves, mas indetectáveis aos olhos humanos (KLEM, 2009b; KLEM; SAENGER, 2013). Tais marcações podem ser aplicadas externamente ao vidro ou podem ser feitas diretamente no vidro durante a fabricação, porém, para que seja realmente eficaz, as marcações em UV “devem ser de no mínimo 20–40% da área do vidro e estar adjacente a áreas contrastantes de absorção de UV para realçar ainda mais o sinal de UV em geral” (KLEM; SAENGER, 2013, p. 409). Porém, ainda não se tem um consenso sobre a eficácia de tal método, pois aparentemente, existe uma relação entre a efetividade e os fatores ambientais envolvidos nos locais. Portanto, ainda são necessárias mais investigações que avaliem a eficácia em diferentes ambientes e condições (SHEPPARD, 2019; BROWN; HUNTER; SANTOS, 2020; SWADDLE, 2020).

O grau de inclinação da janela também se mostrou influente nas taxas de colisões e mortalidade, já as taxas diminuem conforme o ângulo de inclinação da janela aumenta (KLEM, 2014). Porém, a adoção de tal medida se torna inviável para as construções já existentes, entretanto, pode ser um fator a ser considerado pelos arquitetos e engenheiros no planejamento de novas construções (KLEM, 2015).

Um grande problema relacionado a adoção das medidas mais simples vai na contramão de uma das características que levam a utilização dos vidros nas construções, a estética, por utilizarem-se de materiais visíveis também aos olhos humanos que acabam alterando o padrão estético que na maioria das vezes, é um

dos fatores decisivos na implementação do vidro na construção (KLEM, 1990; 2009; 2015; RÖSSLER; NEMETH; BRUCKNER, 2015; RIBEIRO; PIRATELLI, 2020).

Constam na literatura alguns padrões de adesivos testados e sugeridos para mitigar as colisões (Figura 1), mas que, apesar de alguns se mostrarem altamente eficazes na prevenção dos acidentes, afetam a estética do local. A eficácia dos padrões varia conforme forma e distância que são aplicados (KLEM, 2015; RÖSSLER; NEMETH; BRUCKNER, 2015).

Uma pesquisa realizada na Europa utilizando 12 padrões com diferentes formas e espaçamentos (Figura 1A), os padrões em forma de pontos apresentaram maior eficácia, se sobressaindo sob os padrões de quadrados e listras (RÖSSLER; NEMETH; BRUCKNER, 2015).

Cabe ressaltar aqui que, pouquíssimas técnicas foram aplicadas e testadas de forma controlada no Brasil e na América do Sul, dos quais podemos citar silhuetas de aves de rapina e pontos (Figura 1B e 1C) (BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017; RIBEIRO; PIRATELLI, 2020) e fitas adesivas.



Fonte: A - Rössler; Nemeth; Bruckner (2015); B - Brisque; Campos-Silva; Piratelli (2017); C - Ribeiro; Piratelli (2020)

Dentre os padrões testados no Brasil, silhuetas de aves de rapina de 20x40cm foram aplicadas em prédios da Universidade Federal de São Carlos em Sorocaba, São Paulo (UFSCar), onde colisões entre aves e vidros foram previamente registradas. Apesar de terem reduzido as taxas de colisões, o método

não se mostrou estatisticamente significativo (BRISQUE; CAMPOS-SILVA; PIRATELLI, 2017). Mesmo assim, este é um dos métodos mais empregados e conhecidos no país, sendo muito utilizado em parques, zoológicos e instituições a fim de se controlar os acidentes. Neste caso, o espaçamento pode ser um fator determinante na eficácia do método, visto que independente do padrão da silhueta, ele deve cobrir uniformemente a superfície e também ser orientado e separado por 10 cm em colunas verticais ou 5 cm na horizontal (KLEM, p. S14, 2015).

No mesmo campus da UFSCar citado acima, a eficácia de um padrão de adesivos circulares contendo 1,8 cm de diâmetro espaçados por 10cm aplicados em toda a superfície do vidro foi avaliado, e seus resultados apontaram eficácia de 100% para o tratamento local, uma vez que após a aplicação, nenhuma colisão foi registrada nos pontos tratados (RIBEIRO; PIRATELLI, 2020). Em outro caso, foi-se avaliado se fitas adesivas de 1,6cm de largura aplicadas verticalmente com aproximadamente 10cm de distância uma da outra seriam eficazes no controle de colisões no campus da UFOP, e seus resultados apontaram diferenças significativas entre os períodos pré e pós tratamento, porém, ainda foram registradas colisões nos pontos tratados (LOPES, 2019).

Padrões que utilizam sinais ultravioletas ainda não foram testados nas condições ambientais e ecológicas brasileiras, por ser uma técnica capaz de preservar a estética do local, é extremamente importante que pesquisas sejam realizadas com esses materiais. Porém, tais padrões não são encontradas mercado brasileiro, o que dificulta o acesso devido ao alto preço e necessidade de importação.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

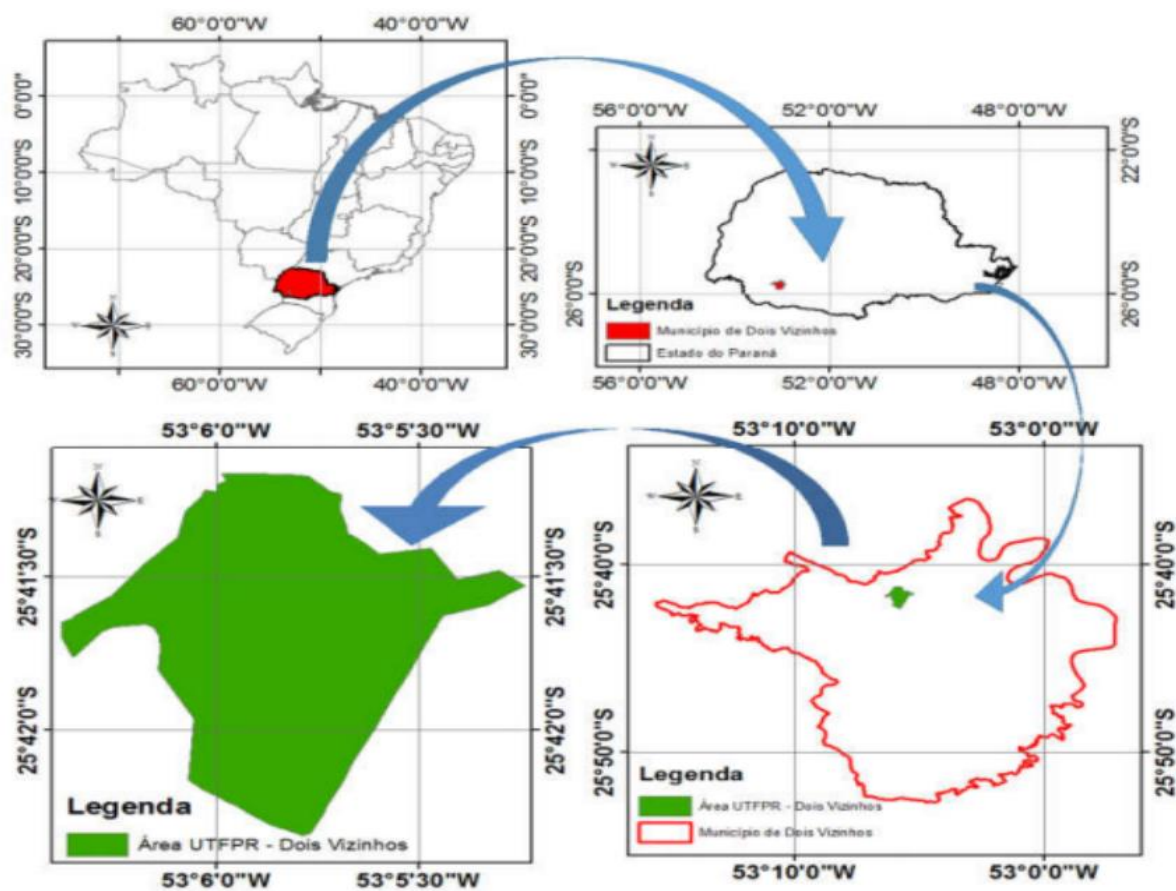
### 4.1 Local de estudo

O *campus* Dois Vizinhos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-DV) fica localizado na zona rural do município e é cercado por fragmentos de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual de diferentes tamanhos e em estádios sucessionais distintos. Segundo a classificação de Köppen, a região que está localizada na transição entre clima tropical e subtropical tem predominância do clima temperado e úmido com verão quente (*Cfa*), temperaturas médias em torno de 20 °C e precipitação anual entre 1.800 e 2.000 mm (ALVARES et al., 2014).

O local conta com uma ampla diversidade de ambientes compondo os seus 192 ha, nos quais estão distribuídas a sede administrativa e as diversas Unidades de Ensino, Pesquisa e Extensão (UNEPE) em que se realizam pesquisas agrárias, biológicas e biotecnológicas pelos docentes e discentes dos cursos de graduação e programas de pós-graduação ofertados no campus (Figura 2).

Dentre as UNEPE, encontram-se distintas áreas, incluindo remanescente florestal secundário, florestas plantadas, pomares, agroflorestas, áreas de plantações de grãos e pastagens formando diferentes miniecossistemas que acabam por atrair espécies com hábitos e comportamentos diferentes.

Figura 2 – Mapa da localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Dois Vizinhos



Fonte: SILVA (2016)



## 4.2 Prédios pesquisados

Os 29 prédios avaliados nesta pesquisa estão localizados na sede principal da Instituição (Figura 3). Tratam-se de construções com diferentes características, dentre eles, prédios administrativos (A1, B1, E2, E3, K), blocos de salas de aula (B4, B5, B6, B7, B8), blocos de laboratórios (E4, E5, G10, Controle Biológico - LCB), salas de professores (CP1, CP2, CP3, CP4, CG1, CG2, CG3, CG4 e CG5), biblioteca (BIB), restaurante universitário (RU), centro de convivência (CC), copa (COPA), auditório (AUD) e mini auditórios (MA) contendo diferentes tipos e tamanhos de vidros instalados, dentre eles vidros canelados, espelhados, reflexivos e transparentes, que compõem janelas, portas, fachadas inteiras e até murais de recados. Além do mais, a composição da vegetação ao redor das estruturas é bem variada.

No ponto RU, por exemplo, a lateral esquerda (LE) do prédio é voltada para uma área aberta, com gramíneas, seguida por uma extensa área experimental com plantações anuais de soja ou feijão, enquanto que a parte da frente da estrutura possui espécies arbóreas muito próximas aos vidros, o que potencialmente pode acabar atraindo diversas espécies de aves. Já no ponto MA, a maior fachada de vidro fica voltada para uma área de aproximadamente 30 metros contendo grama como cobertura de solo, e em seguida, inicia-se um arvoredo experimental composto por diversas espécies arbóreas frutíferas e não frutíferas que atraem várias espécies de aves.

Os pontos BIB, B1 e K possuem vidros reflexivos e transparentes, já os pontos E3 e MA apresentam vidros reflexivos e espelhados e no ponto CG5 há vidros canelados e espelhados. Os demais locais apresentam apenas um tipo de vidro variando entre canelado, espelhado, reflexivo ou transparente. Essa grande variação entre as estruturas nos possibilita analisar várias combinações de variáveis estruturais e ambientais.

Os vidros foram classificados de acordo com o grau de transparência e reflexo. Os vidros canelados são aqueles que não geram reflexo nem permitem se enxergar o interior do prédio, estes possuem elevações e em geral, estão presentes nas salas dos professores (CP's e CG's). Vidros transparentes (T) são aqueles em que se vê perfeitamente a parte interior do prédio pelo vidro. Os vidros reflexivos (R) são aqueles em que não é possível se ver perfeitamente o interior do prédio e este

reflete o ambiente ao seu entorno. Os vidros espelhados (E) são aqueles em que se tem o ambiente sendo refletido perfeitamente como de fato um espelho.

**Figura 3 – Prédios pesquisados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus Dois Vizinhos***



Fonte: Autoria própria (2021)

### 4.3 Levantamento de colisões

Rondas foram realizadas entre 28 de janeiro de 2020 e 19 de maio de 2021 em torno dos pontos identificados, a fim de, por meio de busca ativa, identificar e registrar marcas e sinais de colisões de aves que permaneceram nos vidros após os acidentes (como silhuetas nos vidros, amontoados de penas ou sangue), além de carcaças e vestígios de predação de aves próximo aos locais pesquisados. Toda carcaça e vestígio de predação só compôs o conjunto de dados caso se tivesse sido encontrada próximo a uma vidraça contendo alguma marca de colisão (adaptado de LOSS, et al., 2014b; HAGER, COSENTINO, 2014).

Para efetuar a amostragem foi delimitado aleatoriamente um trajeto, com ponto inicial e final, a cada nova ronda e percorrido duas vezes por dia (ao final da manhã e ao final da tarde). Todo o trajeto percorrido foi registrado no aplicativo Wikiloc®, sendo que a cada dado coletado, uma marcação no local específico foi adicionada à rota percorrida. A cada nova ronda para coleta de dados os seguintes dados foram preenchidos em planilha: data; hora exata de início; condições

meteorológicas no momento inicial da coleta; hora exata em que um novo registro foi localizado; local encontrado; altura da marca encontrada no vidro; distância da carcaça para o local da marca (caso tenha uma carcaça próxima ao local); distância do vestígio de predação para o local da marca (caso tenha um vestígio de predação próximo ao local); hora exata de término da ronda; total de marcas, total de aves mortas, e o total de predações encontradas durante a ronda.

Quando uma carcaça de ave era localizada, além das anotações em planilha, registros fotográficos do animal expondo as partes ventral, dorsal e lateral foram feitos no próprio local, sempre contendo referência de escala. Em seguida, a carcaça era alocada em saco plástico contendo ficha de identificação e armazenada no freezer do Laboratório de Zoologia da UTFPR-DV. A identificação dos animais foi feita com auxílio do guia de identificação Aves do Brasil: Mata Atlântica Sudeste (2015) e com o auxílio de ornitólogos e outras pessoas com experiência na área. Os vestígios de predação identificados seguiram o mesmo procedimento descrito acima.

Se uma marca ou sinal estivesse bem visível o registro fotográfico também era realizado e após isso o local da colisão era higienizado com um pano com álcool para evitar duplo registro.

#### **4.4 Análise dos resultados**

Os dados foram organizados com a ferramenta Excel® e os resultados foram avaliados através da estatística descritiva e inferencial que, em suma, descrevem os achados de uma pesquisa utilizando de recursos como tabelas e gráficos que facilitam a observação dos dados para que conclusões e previsões possam ser feitas com base nos resultados obtidos (CRESPO, 2009).

Para identificar as relações existentes entre número de mortes e/ou colisões e a área de vidro (variáveis contínuas) foi efetuado a análise de correlação de Pearson e confeccionado gráficos de correlação linear do Excel, que permitem analisar o grau de correlação entre as variáveis, o nível de explicação e a significância ao nível de 5%. Além disso, essa análise também gera uma equação preditora que permite estimar o número de colisões ou mortes com base em uma área de vidro.

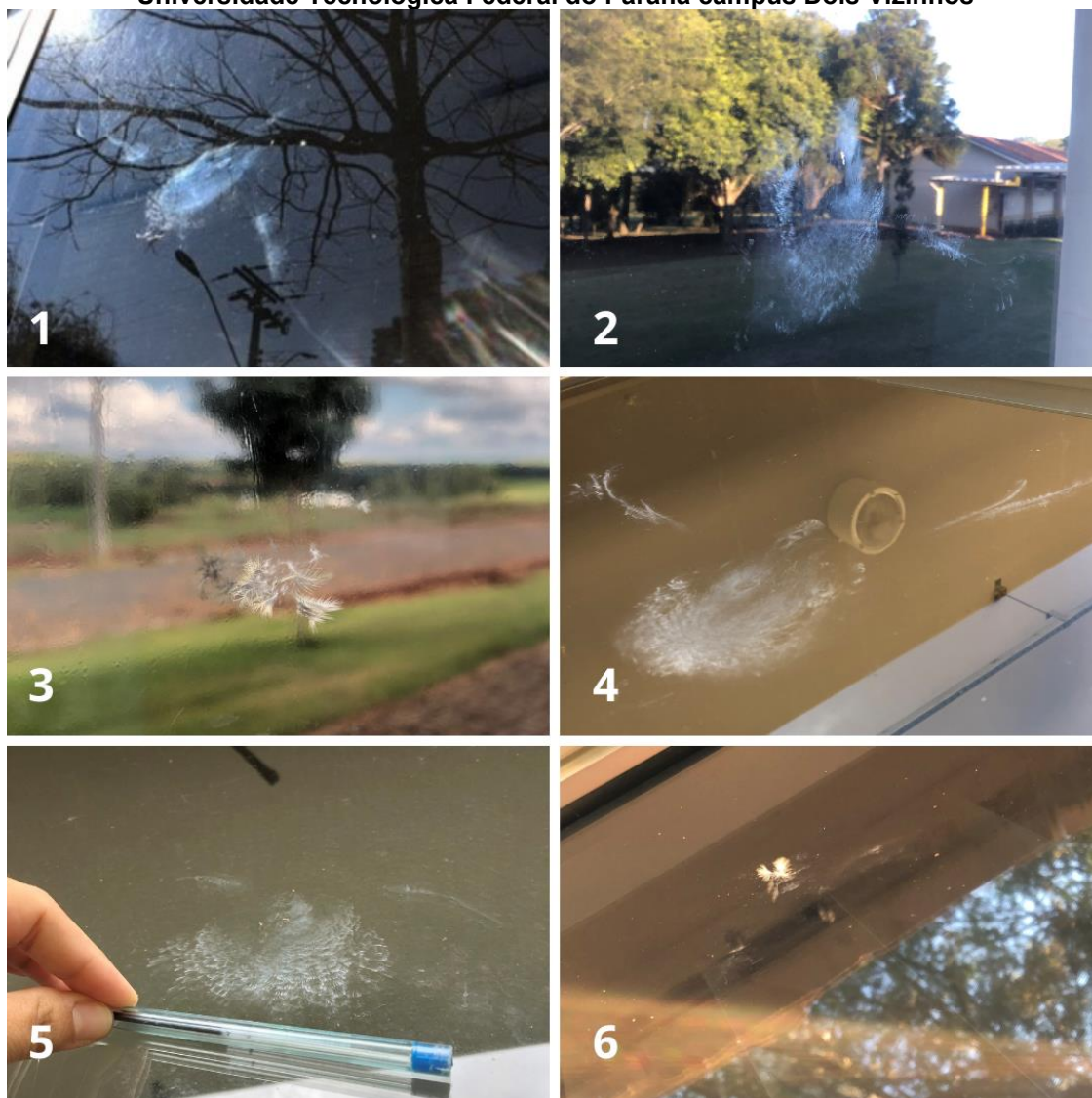
Para avaliar se a variável categórica “tipo de vidro” influenciou nas colisões e mortes de aves foi utilizado apenas os dados dos cinco principais pontos, que obtiveram os maiores registros de colisões (> 60), tal como apresentado no

resultado (ver Tabela 3). Devido ao baixo número de eventos/repetições, os pressupostos das análises de variância, paramétrica e não-paramétrica, não foram atendidos inviabilizando o teste inferencial. Assim, optou-se por apresentar o valor médio e desvio-padrão por meio de gráficos do software Past 4.09®.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram 227 dias pesquisados nos meses de fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2020 e janeiro, fevereiro, abril e maio de 2021, com mais de 400 horas de campo, resultando no registro de 1010 colisões contra estruturas de vidros (Fotografia 1). Em 76 destas foi possível identificar o indivíduo envolvido no acidente já que este se encontrava próximo ao local de colisão já sem vida (Fotografia 2). Com exceção do tipo de vidro cancelado, em todos os demais, a saber: transparentes, reflexivos e espelhados, foram registradas colisões.

**Fotografia 1 - Marcas de colisões encontradas nos vidros dos prédios pesquisados da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos**



Fonte: Autoria própria (2022).

Os 76 indivíduos encontrados mortos próximos às vidraças com marcas de colisão, são representantes de 21 espécies distintas, membros de 12 famílias e 16 gêneros taxonômicos (Tabela 1). Todas as espécies envolvidas são nativas, com representantes residentes e migrantes reprodutivos (PACHECO, et al., 2021).

**Fotografia 2 – Espécies de aves encontradas sem vida próximas aos vidros pesquisados durante as coletas de dados**



**Nota:** 1: *Coryphospingus cucullatus*; 2: *Turdus amaurochalinus* e *Thraupis sayaca*; 3: *Tyrannus savana*; 4: *Turdus leucomelas*; 5: *Thamnophilus caerulescens*.

**Fonte:** Autoria própria (2022)

É importante ressaltar que embora as mortes representem cerca de 7,5% (n=76) do total de colisões, não se pode afirmar que ficaram restritas a estes números, visto que predadores oportunistas (Fotografia 3) e mesmo pessoas podem tê-los removido dos locais. Além de mais animais vitimados, lesões de diferentes níveis de gravidade podem ter avariado os animais e resultado em mais mortes ou sequelas, variando de acordo com a intensidade do choque (COUSINS et al., 2012; FORNAZARI et al., 2021). É possível que alguns animais tenham desenvolvido sangramentos intracranianos, fraturas ósseas ou até lesões neuromotoras ao longo

do tempo que resultaram em morte longe do local do acidente ou em inaptidão reprodutiva (KLEM 1990a).

As espécies identificadas são representantes de 10 famílias, sendo que os indivíduos das famílias Columbidae (n=30), Thraupidae (n=17), Turdiidae (n=15) e Tyrannidae (n=7) juntos representam 89%. Quanto as espécies, *Zenaida auriculata*, representou 24% das mortes (n=19), seguida por *Thraupis sayaca* com 14% (n=11), *Turdus amaurochalinus* e *Tyrannus savana* com 9% (n=6), *Columbina talpacoti*, *Sicalis flaveola* e *Turdus leucomelas*, ambos com 7% (n=5). Estes resultados corroboram com outras pesquisas já realizadas no Brasil, onde com exceção de *T. savana*, todas já foram listadas como espécies com maiores incidências de mortes por colisão contra estruturas de vidro (BRISQUE; CAMPOS SILVA; PIRATELLI, 2017; LOPES, 2019; RIBEIRO, PIRATELLI, 2020; FORNAZARI et al., 2021).

Apesar de não se ter mensurado índices de abundância nesta pesquisa, é sabido que as espécies identificadas possuem altas taxas de ocorrência na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos e em outras áreas rurais do município (VOGEL, 2014; MENCATO; TRECO, 2016), podendo este fato ser apresentado como um fator explicativo para a alta incidência de colisões, uma vez que o índice de abundância local de indivíduos está totalmente relacionado com as taxas de acidentes (SABO et al. 2016).

Membros das famílias dos turdídeos, traupídeos e tiranídeos possuem em sua ampla dieta frutos e sementes de diferentes espécies florestais, portanto, são relatados como grandes aliados das técnicas de restauração florestal por possuírem a capacidade de dispersar sementes (VOGEL, 2014). Além do mais, Tyrannidae possui diversas espécies migratórias, como a *T. savana* que se reproduz ao sul e ao centro de sua distribuição geográfica durante a primavera e verão, e tem o Norte como sua área de invernada (SICK, 1987). Como as espécies membros dessas famílias estão entre as mais afetadas pelos acidentes com vidros não só neste trabalho (BRISQUE; CAMPOS SILVA; PIRATELLI, 2017; LOPES, 2019; RIBEIRO, PIRATELLI, 2020; FORNAZARI et al., 2021), pode-se dizer que essas estruturas estão totalmente na contramão dos esforços atuais de conservação que tem tais espécies como aliados por exercerem funções ecológicas tão fundamentais e importantes.

Ademais, outro fator já citado na literatura que explica os altos índices de colisões para Columbiformes e Passeriformes é a morfologia das asas destes

animais e seu tipo de voo, isso porque o tamanho pequeno de suas asas e o peso de seu corpo aliado a seus voos rápidos proporcionam menor agilidade de reação para desviar de possíveis obstáculos que surgem no caminho (RAYNER, 1988; BEVANGER, 1998), além de que, a ordem dos passeriformes apresenta uma ampla diversificação e abundância em diferentes ambientes devido as várias guildas funcionais que estes animais ocupam.

Em 21 dos 29 prédios que contemplaram a área de estudo desta pesquisa foram registradas colisões, sendo que em 13 destes, obtivemos pelo menos uma ave morta devido aos acidentes. Os locais que se destacam quanto ao número de mortes são o Restaurante Universitário (RU) como o maior causador de mortes ao representar 26% (n=20) do total de registros, seguido por miniauditórios (MA) com 25% (n=19), Laboratório de controle biológico (LCB) 18% (n= 14) e bloco administrativo (K) 11% (n=8), que somados representam 80% do total de mortes registradas.



Tabela 1 – Lista de espécies mortas por local pesquisado

Família	Espécie	A1	B1	B4	B7	BIB	CC	CG5	E5	G10	K	LCB	MA	RU	Total
Columbidae (Leach, 1820)	<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	1		1	1	1	3	2			1		3	6	19
Thraupidae (Cabanis, 1847)	<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)										1	4	6		11
Turdidae (Rafinesque, 1815)	<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)											2	1	3	6
Tyrannidae (Vigors, 1826)	<i>Tyrannus savana</i> (Daudin, 1802)										2			3	5
Columbidae (Leach, 1820)	<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)											1	4		5
Turdidae (Rafinesque, 1815)	<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818)				1							3		1	5
Thraupidae (Cabanis, 1847)	<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)										2			2	4
Columbidae (Leach, 1820)	<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)						1				1		2		4
Turdidae (Rafinesque, 1815)	<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)			1								1		1	3
Columbidae (Leach, 1820)	<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)										1			1	2
Furnariidae (Gray, 1840)	<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)												1	1	2
Pipridae (Rafinesque, 1815)	<i>Chiroxiphia caudata</i> (Shaw & Nodder, 1793)												1		1
Fringillidae (Leach, 1820)	<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)											1			1
Thraupidae (Cabanis, 1847)	<i>Coryphospingus cucullatus</i> (Statius Muller, 1776)									1					1
Elaeniidae (Cabanis & Heine, 1860)	<i>Elaenia</i> spp.											1			1
Tyrannidae (Vigors, 1825)	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Muller, 1776)								1						1
Thraupidae (Cabanis, 1847)	<i>Rauenia bonariensis</i> (Gmelin, 1789)												1		1
Thamnophilidae (Swainson, 1824)	<i>Thamnophilus caerulescens</i> (Vieillot, 1816)											1			1
Troglodytidae (Swainson, 1831)	<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	1													1
Turdidae (Rafinesque, 1815)	<i>Turdus</i> spp.													1	1
Tyrannidae (Vigors, 1825)	<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)													1	1
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>76</b>

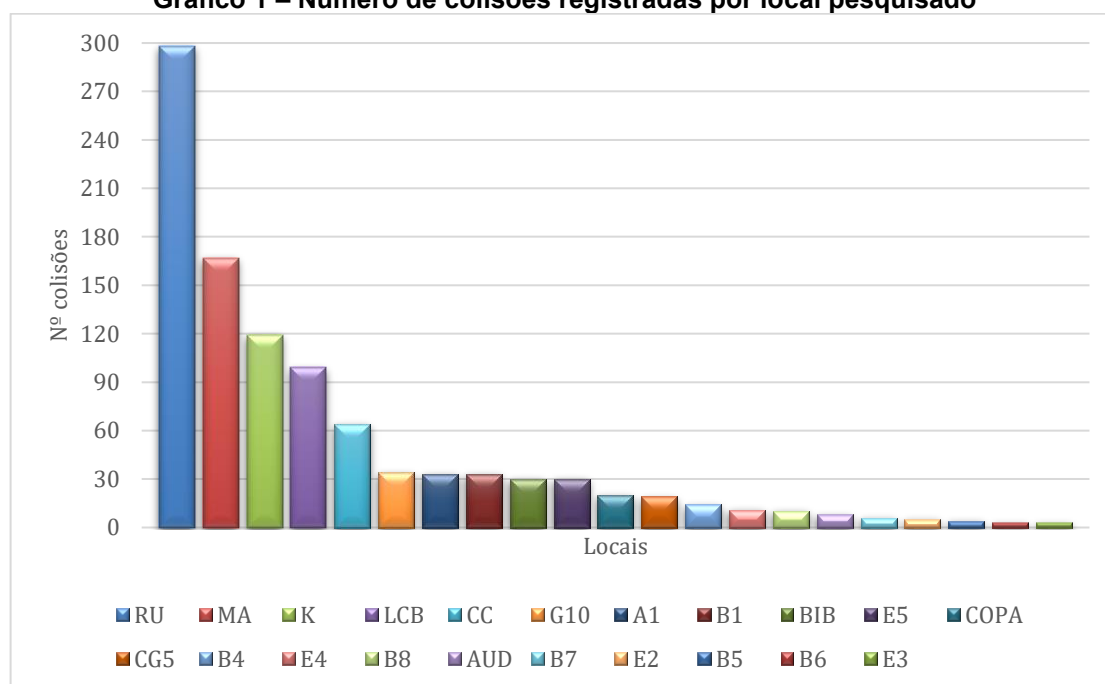
Nota: A1 e B1: blocos administrativos; B4 e B5: blocos de salas de aula; BIB: biblioteca; CC: centro de convivência; CG5: sala de professor; E5 e G10: bloco de laboratórios; K: bloco administrativo; LCB: laboratório de controle biológico; MA: mini auditórios; RU: restaurante universitário.

Fonte: Autoria própria (2022)

Como esperado, estes também são os prédios com maiores registros de colisões (Gráfico 1), e juntos representam cerca de 70% do total de colisões registradas, sendo o RU responsável por 30% (n=298), MA 17% (n=167), K 12% (n=119) e LCB 10% (n=99).

Uma discussão importante quando se pensa em fatores que influenciam as taxas de colisões está nas características do local e da própria estrutura (HAGER et al., 2013; HAGER et al., 2017; URIBE MORFÍN, 2021). Os pontos RU, MA, LCB e K, apresentam algumas características em comum que podem estar relacionadas com os elevados índices de colisões e mortalidade, tais como: grandes áreas de vidro em sua construção e presença de vegetação próxima a estrutura, porém, cada uma apresenta particularidades específicas como, por exemplo, o tipo de vidro (transparente ou reflexivo), a distância do vidro para a vegetação, o tipo de vegetação, o tipo de estrutura que está presente o vidro (janela ou porta).

**Gráfico 1 – Número de colisões registradas por local pesquisado**



**Nota:** RU: Restaurante Universitário; MA: Miniauditórios; K: Bloco administrativo; LCB: Laboratório de controle biológico; CC: Centro de convivência; G10: Bloco de laboratório; A1 e B1: Blocos administrativos; BIB: biblioteca; E5: Bloco de laboratório; CG5: Sala de professor; B4: Bloco de sala de aula; E4: Bloco de laboratórios; B8: Bloco de sala de aula; AUD: auditório; B7: Bloco de sala de aula; E2: Bloco administrativo; B5 e B6: Blocos de salas de aula; E3: Bloco administrativo.

Fonte: Autoria própria (2022)

A área de vidro em uma construção é sem dúvida um fator crucial que exerce influência positiva na frequência de colisões e mortes de aves envolvidas nesses

acidentes, o que já foi relatado em estudos realizados na América do Norte (HAGER et al., 2013; CUSA; JACKSON; MESURE, 2015; KAHLE et al., 2016). Nossos resultados corroboram com os resultados norte-americanos, uma vez que foi possível identificar uma tendência a maiores números de mortes e colisões nas estruturas com maior área de vidro (Tabela 2). Os pontos MA, RU e LCB são os pontos com maiores quantidades de vidro em suas estruturas, estando estes três também entre os locais com maior número de mortes registradas.

**Tabela 2 – Área total de vidro em m<sup>2</sup>, tipo de vidro presente na estrutura, número de colisões registrada e número de colisões por m<sup>2</sup> de vidro, número de mortes e mortes por m<sup>2</sup> de vidro nos postos pesquisados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Dois Vizinhos**

Local	Tipo de vidro	Área total (m <sup>2</sup> )	Nº colisões	C/m <sup>2</sup>	Nº mortes	M/m <sup>2</sup>
MA	R/E	164	167	1,02	19	0,116
RU	T	116	298	2,58	20	0,173
LCB	R/T	112	99	0,88	14	0,125
CC	T	55	64	1,17	4	0,073
B4	T	43	14	0,32	2	0,046
B6	T	40	3	0,07	0	0,000
B8	T	38	10	0,26	0	0,000
B7	T	37	6	0,16	1	0,027
B5	R/E	36	4	0,11	0	0,000
K*	R/T	23	119	5,07	8	0,341
G10	T	19	34	1,82	1	0,053
E5	E	15	30	2,01	1	0,067
AUD	T	15	8	0,55	0	0,000
COPA	T	14	20	1,40	0	0,000
BIB	T	11	30	2,73	1	0,091
A1	E/T	9	33	3,67	2	0,223
E3	R	8	3	0,39	0	0,000
E4	T	6	11	1,73	0	0,000
B1	R/T	4	33	8,25	1	0,250
E2	E	3	5	1,57	0	0,000
CG5*	E	2	19	10,73	2	1,130

**Nota:** MA: miniauditório; RU: Restaurante Universitário; LCB: Laboratório de controle biológico; CC: Centro de convivência; B4, B6, B8, B7 e B5: Blocos de salas de aula; K: Bloco administrativo; G10 e E5: Blocos de laboratórios; AUD: auditório; BIB: Biblioteca; A1 e E3: Blocos administrativos; E4: Bloco de laboratórios; B1 e E2: Blocos administrativos; CG5 Sala de professores; T: Transparente; E: Espelhado; R: Reflexivo.

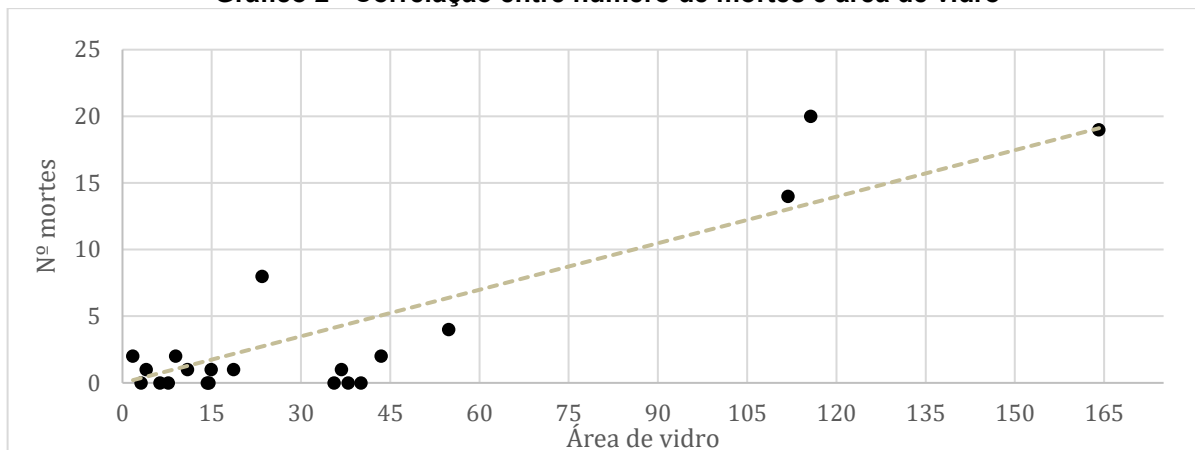
\*:Locais que apresentam pequenas áreas de vidro e altas taxas de mortes e colisões.

Fonte: Autoria própria (2022)

Nessa pesquisa a área de vidro explica cerca de 89% ( $R^2$  0,89559) das mortes registradas, pode-se afirmar que existe uma relação significativa já que  $p < 0,05$  ( $p = 4,1337^{-8}$ ) (Gráfico 2). O número de colisões também segue tal tendência. Nesse caso a área de vidro explica aproximadamente 75% ( $R^2$  0,74746)

além de também se apresentar uma relação com significância já que  $p < 0,05$  ( $p = 9,8441 \cdot 10^{-5}$ ) (Gráfico 3).

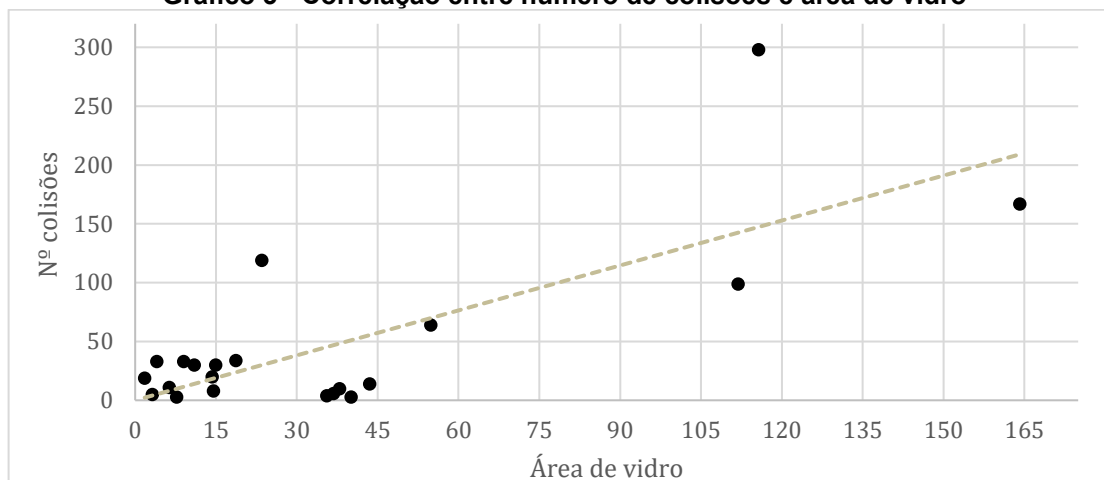
**Gráfico 2 - Correlação entre número de mortes e área de vidro**



Fonte: Autoria própria (2022)

A equação da reta obtida para a relação entre número de mortes e área de vidro foi  $y = 0,1164x$  e para o número de colisões e área de vidro foi  $y = 1,2732x$ . Esses dados podem ser utilizados para prever o número de mortes ou colisões nas estruturas. Sendo assim, a administração ao realizar novas construções ou reformas, pode-se utilizar destas informações a fim de planejar as estruturas evitando altos índices de colisões e mortes de aves.

**Gráfico 3 - Correlação entre número de colisões e área de vidro**



Fonte: Autoria própria (2022)

Nossos resultados estão de acordo com os achados em uma pesquisa na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) onde a área do vidro apresentou uma relação progressiva na interferência das colisões (LOPES, 2019).

Porém, existem pontos que não seguem tal tendência, e certamente outras características do local são responsáveis pelas colisões e mortes registradas. Além da área de vidro, existem outros fatores que influenciam as taxas de colisões, como por exemplo a altura do prédio, sendo os prédios de um andar como os pesquisados nesse trabalho responsáveis por cerca de 44% do total de colisões nos EUA (LOSS et al., 2014). Do mesmo modo, o grau de reflexividade e a tonalidade do vidro também podem interferir nas taxas de acidentes (HAGER et al., 2013; BROWN et al., 2019).

Outro fator importante é o ambiente redor do vidro. Existem evidências que os acidentes diminuem em contraste ao aumento do desenvolvimento do local, e que é a combinação entre área de vidro e ambiente local que responde as taxas de colisões (HAGER et al., 2013). Um estudo encontrou relação entre a altura da vegetação e as colisões entre aves e estruturas de vidro (KUMMER, BAYNE, MACHTANS, 2016). Adicionalmente, a presença de árvores frutíferas próximas ao vidro pode aumentar as taxas de acidentes (BROWN et al., 2019).

No nosso caso, os pontos bloco administrativo K e a sala de professores CG5 apresentam pequenas áreas de vidros quando comparadas aos principais pontos, porém, o número de colisões por m<sup>2</sup> foi maior que nos pontos com grandes áreas (Tabela 2). O ponto de bloco administrativo B1 não foi analisado neste sentido, pois teve sua área de vidro reduzida consideravelmente devido a uma reforma na edificação. Atualmente, o bloco está com apenas uma porta de vidro, sendo bem diferente da situação original quando existiam 4 painéis de vidros transparentes com cerca de 4 m<sup>2</sup> cada. Desta forma, optou-se em não trabalhar estes dados, em separado, por não refletir mais a realidade.

O ponto K, por exemplo, apresentou a terceira maior quantidade de acidentes e quarta colocação em relação a registro de mortes, embora apenas apareça na décima posição em área de vidro (23 m<sup>2</sup>). O ponto apresenta cerca de 5 colisões por m<sup>2</sup> de vidro e a segunda maior taxa de mortes por m<sup>2</sup> de vidro, equivalente a 0,341, ficando atrás apenas do ponto CG5, que apresenta uma taxa de aproximadamente 1 morte por m<sup>2</sup> de vidro e 10 colisões por m<sup>2</sup> de vidro, sendo que a área total de vidro neste ponto é de apenas 2 m<sup>2</sup> (Tabela 2). Possivelmente o que pode estar influenciando as taxas de acidentes e colisões nestes pontos são as combinações

entre o tipo de vidro presente no local e as características ambientais que refletem no vidro e acabam atraindo os animais para os acidentes.

Ambos os pontos tem em comum a presença de vidros espelhados e possuem atrativos ambientais que tendem a aumentar a abundância de espécies no local. Essas características podem ser citadas como possíveis responsáveis pelas taxas observadas, isso porque há indícios que janelas espelhadas e ambientes atrativos possam estar relacionadas com altos índices de acidentes (BROWN et al., 2019).

Os pontos com mais de 60 colisões foram analisados de forma detalhada (Tabela 3) a fim de identificar outros possíveis fatores que podem estar exercendo influência nos acidentes e mortes de aves, além da área de vidro.

**Tabela 3 - Especificações sobre registros nos pontos com mais de 60 colisões registradas**

<b>Local</b>	<b>Tipo de vidro</b>	<b>Área de vidro (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nº Colisões</b>	<b>C/m<sup>2</sup></b>	<b>Nº Mortes</b>	<b>M/m<sup>2</sup></b>
<b>RU</b>						
RU (FD)	T	23,16	61	2,634	5	0,216
RU (FE)	T	23,16	47	2,029	4	0,173
RU (LD)	T	23,16	68	2,936	6	0,259
RU (LE)*	T	25,97	111	4,274	5	0,193
RU (P)	T	12,3	3	0,244	0	0
RU (A)	T	7,96	8	1,005	0	0
<b>MA</b>						
MA (LDR)*	R	87,14	145	1,664	14	0,161
MA (LDE)	E	4,16	4	0,963	0	0
MA (F)	R	17,89	3	0,168	1	0,056
MA (LE)	R	37,86	15	0,396	4	0,106
<b>K</b>						
K (LD)*	E	10,07	71	7,051	5	0,497
K (LE)	E	9,87	35	3,546	3	0,304
K (ALE)	T	3,54	5	1,412	0	0
K (ALD)	T	3,54	8	2,26	0	0
<b>LCB</b>						
LCB (F)*	R	81,24	66	0,812	6	0,074
LCB (A)	T	30,67	33	1,076	8	0,261
<b>CC</b>						
CC (F)*	T	32,9	39	1,185	2	0,061
CC (A)	T	21,95	25	1,139	2	0,091

Nota: RU: Restaurante Universitário; FD: Frente direita; FE: Frente esquerda; LD: Lateral direita; LE: lateral esquerda; P: porta principal; A: atrás; MA: Miniauditórios; LDR: Lateral direita reflexiva; LDE: Lateral direita espelhada; F: frente; K: Bloco administrativo K; ALE: Atrás da lateral esquerda; ALD: Atrás da lateral direita; LCB: Laboratório de controle biológico;

\*: áreas de cada ponto com maior número de colisões.

Fonte: A autoria própria (2022)

Nestas edificações em específico, separou-se os vidros por posição (direita, esquerda, frente e fundo) e tipo de vidro (transparente, reflexivo e espelhado), de modo que permitiu observar que em todos pontos analisados existe um local em específico da construção que as taxas de colisões são maiores. A seguir faremos uma descrição do ambiente circundante aos 5 principais pontos com mais de 60 colisões registradas a fim de caracterizar e identificar semelhanças e diferenças entre os locais.

O Restaurante Universitário RU (Fotografia 4) possui cerca de 115 m<sup>2</sup> de vidros transparentes compondo as portas e janelas do prédio e ao todo foram registradas 298 colisões e 20 mortes, o equivalente a 2,5 colisões por m<sup>2</sup> e 0,173 mortes por m<sup>2</sup>. As janelas são responsáveis por cerca de 23 m<sup>2</sup> de vidro em cada um dos 4 lados do prédio. Quando as aves se deparam com vidros transparentes, estas não possuem capacidade de detectar a barreira física ali presente e acabam sendo enganadas pela falsa ideia da presença de um ambiente contínuo (KLEM, 1989; 2015). Essa “ilusão” varia de acordo com o ângulo observado e fica clara ao analisarmos as fotografias 4.1 e 4.2, onde é possível se avistar a grama e o céu, ao olhar pelas janelas da frente do prédio através das laterais, dando a impressão de que estes ambientes podem ser alcançados através dos vidros.

A lateral esquerda (LE) do prédio (Fotografia 4.3) é ponto de maior incidência de colisões entre os demais e apresenta quase 3 m<sup>2</sup> a mais de vidro por possuir uma porta de saída de emergência que as demais posições do prédio não apresentam. Neste local foram registradas cerca de 4 colisões por m<sup>2</sup> de vidro. O ambiente que circunda essa lateral é aberto e o solo não possui cobertura, porém, durante algumas épocas de pesquisa o local se esteve totalmente coberto por gramíneas. Por ser um local aberto, a depender da posição em que se olha pelo vidro é possível se avistar o céu.

Na parte da frente do prédio, tanto ao lado direito (FD - Fotografia 4.2) quanto ao lado esquerdo (FE – Fotografia 4.1) se tem espécies arbóreas a 6 e a 9 metros (Ipê-amarelo e Magnólia, respectivamente) de distância dos vidros. A maior diferença está na cobertura do solo nestes locais, já que a FE possui solo sem cobertura e a FD apresenta um barranco contendo grama a 2 metros do vidro.

Já a lateral direita (LD - Fotografia 4.4) do prédio é parcialmente aberta, sendo que a 2 metros do vidro se tem uma grande área de grama com elevação de altitude que se estende até os outros blocos de laboratórios. Em relação ao número

de mortes registradas não foram encontradas grandes diferenças entre esse lado e os pontos da frente do prédio.

Durante o levantamento de dados, diversas espécies foram avistadas pela autora se alimentando dos frutos de magnólia ou apenas pairadas em seus galhos, assim como no Ipê, sendo estas espécies identificadas como vítimas de colisão como *T. sayaca*, *T. amaurochalinus*, *T. savana*, *T. leucomelas*, *S. flaveola*, *F. rufus*, *C. talpacoti*, *T. rufiventris*, entre outras, além de diversas espécies que também não fora encontrada relação com colisões neste ponto durante a pesquisa como, por exemplo, *Pitangus sulphuratus* e bandos de *Tersina viridis*, o que torna difícil se chegar a uma conclusão precisa sobre qual é a real influência da presença dessas fontes de abrigo e alimentação sob as colisões. Outro fator que se relaciona com essa questão é que algumas espécies residentes podem aprender a evitar esses acidentes (SABO et al., 2016).

**Fotografia 3 - Restaurante Universitário (RU)**



Nota: 1: vista da frente esquerda (FE); 2: vista da frente direita (FD); 3: vista da lateral esquerda (LE); 4: vista da lateral direita (LD).

Fonte: Autoria própria (2022)



O segundo ponto com maior número de registros foi o Miniauditório (MA - Fotografia 5, com 167 colisões que equivalem a cerca e 1 colisão por m<sup>2</sup> de vidro, e 19 mortes. A construção tem toda sua lateral direita composta por vidro reflexivo (LDR) com cerca de 83 m<sup>2</sup>, exceto em uma única folha de 4,16 m<sup>2</sup> o qual o vidro é totalmente espelhado (LDE) (Fotografia 5.1). Os ambientes com vidros reflexivos ou espelhados também geram uma ilusão para as aves, mas neste caso o problema é o reflexo do ambiente que é gerado no vidro. Quando se tem uma árvore sendo refletida no vidro por exemplo, os animais voam em direção ao vidro para tentar alcançá-la (KLEM, 1989; 2015).

A LDR do bloco MA é a parte da construção com maior número de colisões (n=165) e apresenta uma taxa de cerca de 1,6 colisões por m<sup>2</sup>. A aproximadamente 30 metros do vidro encontra-se um arvoredo experimental contendo diversas espécies arbóreas, que certamente abriga e atrai diversas espécies de aves, além de servir como um excelente ponto de descanso uma vez que está localizado entre pequenos remanescentes do entorno da Universidade. Entre o arvoredo e o vidro o solo é todo recoberto por grama e a cerca de 10 metros do vidro se tem uma jovem espécie de *A. angustiforme*.

A frente (F) do prédio (Fotografia 5.2) possui uma área de cerca de 17 m<sup>2</sup> de vidros reflexivos portas e janelas. As portas laterais de entrada do prédio também são de vidro reflexivo, assim como as janelas que circundam toda a construção. É nesta parte da lateral esquerda (LE) da construção (Fotografia 5.3) que outras 4 mortes e 15 colisões foram registradas, sendo a maioria registrada na porta em destaque na fotografia. Próximo a esta porta há um gramado com elevação de altitude, que possui um indivíduo de *Callicarpa reevesi*, espécie exótica que possui frutos muito apreciados por aves (TORRES, 2003). Durante as coletas de dados *T. sayaca*, *T. amaurochalinus*, *F. rufus*, *T. rufiventris*, *R. bonariensis* foram avistados se alimentado destes frutos.

**Fotografia 4 - Miniauditórios (MA)**



**Nota: 1 – vista lateral direita e parte de trás; 2 – vista da frente (F); 3 – vista de parte da lateral esquerda (LE).**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

O terceiro principal ponto é o bloco administrativo K (Fotografia 6), com 119 colisões e uma taxa de cerca de 5 colisões por m<sup>2</sup>; a mais elevada no estudo. Neste caso, em especial, a área de vidro não explica com grande precisão os altos índices de colisões encontrados, já que aqui as laterais (Fotografia 6.1 e 6.2) apresentam aproximadamente de 10 m<sup>2</sup> de vidros espelhados, e a parte de trás do prédio 2 janelas de vidro transparente com uma área de cerca de 3 m<sup>2</sup> cada (Fotografia 6.3).

Destaca-se neste prédio a lateral direita (LD) com uma taxa de aproximadamente 7 colisões por m<sup>2</sup>, sendo a mais alta taxa de colisão por m<sup>2</sup> dentre todas as posições dos prédios pesquisados. No entorno de seus 10 m<sup>2</sup> de vidros espelhados se tem um predomínio de grama no solo e observa-se duas principais árvores atrativas mais próximas ao vidro, sendo uma *A. angustiforme*, localizada a cerca de 30 metros do vidro, e um grande hibisco vermelho situado a cerca de 10 metros do vidro. A cerca de 50 metros do vidro existem ainda outras espécies

arbóreas atrativas como Ipê-branco, Falso-chorão e outros arbustos. Espécies como *Chlorostilbon lucidus*, *Coereba flaveola*, *Todirostrum cinereum*, *Sporophila caerulescens*, *Pteroglossus castanotis*, *Volatinia jacarina*, *P. domesticus*, *F. rufus*, *T. savana*, *Sporophila. lineola*, *Spinus magellanicus* foram avistadas durante os levantamentos de dados. Além disso, um espécime da família Trochilidae foi encontrado morto em frente a este ponto, mas, como não foi possível identificar uma marca no vidro que relacionasse sua morte com colisão, o mesmo não entrou para o conjunto de dados.

A lateral esquerda (LE) e a toda a parte de trás do prédio também possuem o solo coberto por grama a cerca de 2 metros do vidro e contam com um espaço semiaberto contendo diversas espécies de árvores e arbustos atrativos para diferentes espécies. Um diferencial na LE é a presença de uma grande caixa d'água a cerca de 10 metros do vidro.

**Fotografia 5 – Bloco administrativo K**



**Nota: 1 – vista lateral direita (LD); 2 – vista da lateral esquerda (LE); 3 – vista de uma das janelas atrás do prédio.**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

O quarto principal ponto é o Laboratório de Controle Biológico (LCB), com 99 colisões registradas e uma taxa de 0,88 colisões por m<sup>2</sup>, sendo a mais baixa entre as 5 principais edificações. Quando analisamos detalhadamente a construção, percebemos que a frente (F), mesmo ao apresentar 66 colisões das 99 registradas, tem uma taxa de colisão por m<sup>2</sup> de 0,81, sendo inferior a parte de trás (A) do prédio, que conta com uma taxa de cerca de 1 colisão por m<sup>2</sup> de vidro e apenas 33 do total de colisões registradas no LCB.

A frente do prédio possui uma área de cerca de 80 m<sup>2</sup> de vidros contendo adesivos que o tornam reflexivo, compondo por portas e faixadas não contínuos (Fotografia 7.1). O ambiente circundante é composto por grama cobrindo o solo a cerca de 5 metros do vidro, onde se encontra um Ipê-branco, e outros jovens exemplares arbóreos. Além disso a aproximadamente 50 metros da estrutura se tem um pequeno fragmento de mata, no qual se encontram diversas espécies que servem de alimento para as aves, além de uma área experimental de plantação agrícola.

Já na parte de trás do prédio (Fotografia 7.2 e 7.3) cerca 30 m<sup>2</sup> de vidros transparentes compõem as janelas. O solo é recoberto com grama e se tem a presença de dois indivíduos de *Callicarpa reevesi*, além de outras espécies arbóreas de grande porte. Uma observação é que, das 33 colisões registradas neste ponto, 12 foram durante o outono de 2020 e 14 no outono de 2021, sendo esta a época de floração e frutificação de *C. reevesi* (TORRES, 2003), o que vem de encontro a resultados já descritos na literatura (BROWN et al., 2019).

**Fotografia 6 - Laboratório de Controle Biológico (LCB)**



**Nota: 1: vista da frente (F) do prédio. 2 e 3: vista da parte de trás (A) do prédio.  
Fonte: Autoria própria (2022)**

O quinto ponto é o Centro de Convivência (CC - Fotografia 8), que passou por uma reforma recente durante o ano de 2021, e atualmente em sua frente são encontrados cerca de 32 m<sup>2</sup> de vidros transparentes compondo as portas e janelas. Já na parte de trás do prédio encontram-se janelas com uma área total de cerca de 22 m<sup>2</sup> de vidros transparentes.

No CC foram registradas 64 colisões e uma taxa de aproximadamente 1 colisão por m<sup>2</sup>. De forma mais detalhada, a parte da frente do prédio se sobrepõe de forma sutil ao apresentar uma taxa de 1,18 colisões por m<sup>2</sup> de vidro em comparação com 1,14 colisões por m<sup>2</sup> para a parte de trás.

Em comparação com os demais pontos já citados, a frente do CC é o local com maior área urbanizada no entorno da edificação. Isso porque o local conta com uma área de aproximadamente 5 metros de calçadas, que ao centro se estende por mais de 20 metros, seguindo a direção da porta de entrada do prédio. Nas laterais

desse acesso há grama e a vegetação arbórea e arbustiva mais próxima fica de 15 a 30 metros de distância. Na parte de trás do prédio, a partir de 1 metro do vidro o solo é recoberto de grama e a cerca de 15 metros encontram-se cerca de 7 Ipês.

**Fotografia 7 - Centro de Convivência (CC)**



**Nota: 1 e 2 – vista da frente e atrás do prédio antes da reforma. 2 e 3 – vista da parte da frente e de trás do prédio atualmente.**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

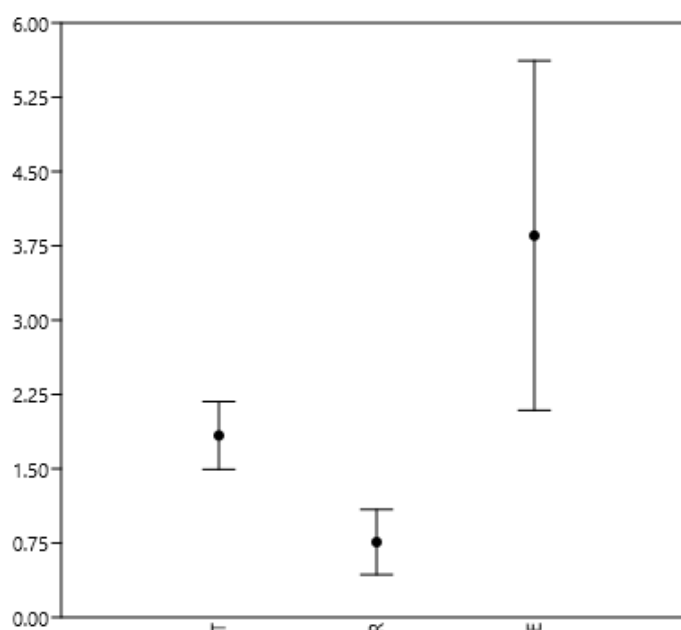
De uma maneira geral, nota-se que nos 5 pontos encontramos um ambiente misto com vegetação rasteira, arbustiva e arbórea nos arredores. São pequenos detalhes que diferem um ponto do outro, e, certamente esses detalhes combinados as características estruturais destes pontos estão exercendo influência positiva ou negativa nas taxas de colisões e mortes nos prédios.

Dentre todos os prédios avaliados estavam presentes 4 diferentes tipos de vidros, a saber: transparente (T), reflexivo (R), espelhado (E) e canelado (C), sendo que somente nos vidros canelados não foram registrados acidentes e não há registro na literatura que esse tipo de vidro represente um problema para a avifauna

e o que nos instiga também a pensar que o tipo de vidro pode ser uma variável que exerça influência nas taxas de colisões e mortes.

Portanto, levando em consideração o número de mortes por m<sup>2</sup> de cada tipo de vidro presente nas 5 estruturas avaliadas de forma mais detalhada (RU, MA, K, LCB e CC), o vidro espelhado apresentou uma tendência a se sobressair dentre os demais (Gráfico 4), mesmo estando em repetições menores (n=3).

**Gráfico 4 – Mortes por m<sup>2</sup> de vidro nos diferentes tipos de vidro presentes nos 5 pontos com mais de 60 colisões registradas**



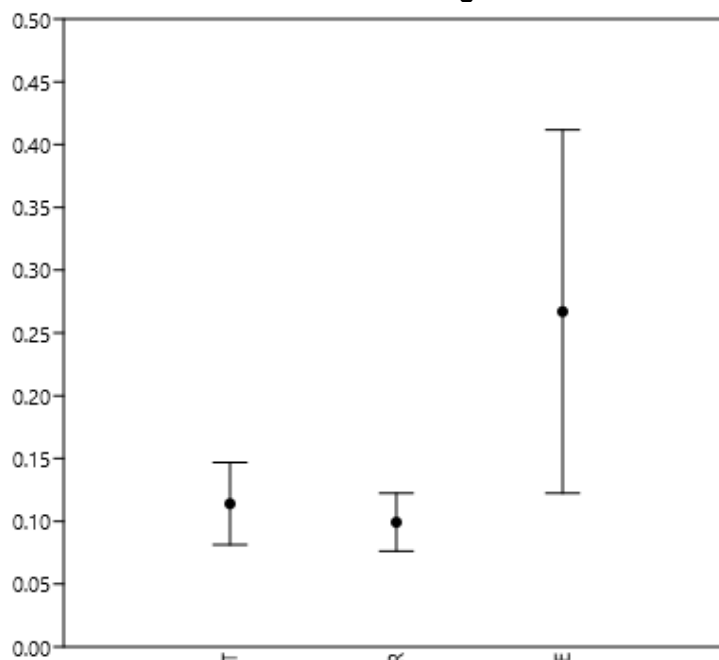
**Nota: T: transparente; R: reflexivo e E: espelhado.  
Fonte: Autoria própria (2022)**

O baixo número de estruturas com vidros espelhados também contribuiu para que o desvio padrão observado fosse tão amplo. Os vidros transparentes (n=11) também se sobressaíram no fator morte por metro quadrado de vidro, ficando o tipo reflexivo (n=4) como menor causador de morte.

É válido ressaltar que a quebra dos pressupostos das análises de variância impediu o uso e a validação matemática da tendência observada. Sendo assim, nossos resultados apontam o tipo de vidro como uma possível característica a exercer influência nas taxas de mortalidade, e para que possamos afirmar com precisão a taxa de influência dos vidros espelhados no número de mortes encontradas seriam necessárias mais repetições para garantir a aplicação da estatística inferencial.

Os vidros espelhados também apresentaram uma tendência maior de influenciar o número de colisões por metros quadrados (Gráfico 5).

**Gráfico 5 - Colisões por m<sup>2</sup> de vidro nos diferentes tipos de vidro presentes nos 5 pontos com mais de 60 colisões registradas**



**Nota: T: transparente; R: reflexivo e E: espelhado.**

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Pode-se observar no gráfico que no caso das colisões, os vidros transparentes e reflexivos obtiveram um padrão similar, destacando-se apenas o tipo de vidro espelhado. Diante desses resultados, o tipo de vidro pode ser a variável a exercer influência nos pontos K e pontos CG5 que não se ajustaram com precisão à correlação positiva com a variável área de vidro.



## 6 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho permitiram concluir que a área do vidro atua como fator principal nas frequências de colisões e, portanto, de maneira geral quanto maior a área de vidro maior tende a ser os números de acidentes e, conseqüentemente, o número de mortes. Estes resultados estão concordantes com os achados da América do Norte que, tradicionalmente, são referências nesta temática

Porém, a área do vidro não explica totalmente a taxa de colisão e morte, tendo em alguns cenários outros fatores com maior relevância. Nossos resultados indicam que pequenas áreas de vidros espelhados presentes em determinados locais, com características ambientais que aumentem a abundância de aves, podem apresentar maiores taxas proporcionais de colisões e morte de aves.

Ao desenvolver este TCC observei que o assunto é pouco conhecido pela população, fato este que ficou claro desde o início deste trabalho diante dos questionamentos, curiosidade e até mesmo o espanto por parte da comunidade acadêmica ao me indagarem sobre o assunto. Apesar de ser algo presente diariamente no campus, apenas uma pequena parte dos alunos, professores e servidores tinha conhecimento do problema. De certa forma isso se multiplica fora dos muros da universidade.

Por fim, como consideração futura, ressaltamos a importância de que novos dados sejam coletados e que novas análises estatísticas sejam realizadas a fim de confirmar as tendências identificadas, além de avaliar com mais especificidade o rol de características ambientais particulares de cada local, bem como variações sazonais podem influenciar as taxas de colisões. Salientamos a necessidade de que as investigações sejam extrapoladas a níveis municipais e estaduais para que um panorama geral sobre esses acidentes seja elaborado e medidas de conservação e mitigação passem a ser desenvolvidas.

## REFERÊNCIAS

AGUDELO-ÁLVAREZ, L.; MORENO-VELASQUEZ, J.; OCAMPO-PEÑUELA, N. Colisiones de aves contra ventanales en un campus universitario de Bogotá, Colombia. **Ornitología Colombiana**, v. 10, p. 3-10, 2010.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus. Editus, 2016. ISBN 9788574554068

ALVARES et al. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol.22, No. 6, 711–728). Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_et\\_al\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et_al_2014.pdf)> Acesso em: 10 jun 2022.

AMERICAN BIRD CONSERVANCY. Glass Collisions. How to keep birds from hitting windows. Disponível em: <<https://abcbirds.org/glass-collisions/stop-birds-hitting-windows/>> Acesso em: 09 ago 2021.

ARANTES, Á. L. M. Comportamento e colisões de aves em vidraças reflexivas na cidade de Uberlândia, MG: um comparativo entre as estações do ano. 2018. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/22286>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.

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**, v. 12, n. 6, p. e0178667, 2017.

BASILIO, G.; MORENO, D. J.; PIRATELLI, A. J. Main causes of bird-window collisions: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 1, 2020.

BESTELMEYER, B. T. et al. Desertification, land use, and the transformation of global drylands. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 13, n. 1, p. 28-36, 2015. Disponível em: <<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/140162>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

BEVANGER, K. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. **Biological conservation**, v. 86, n. 1, p. 67-76, 1998.

BLANCHER, P. Estimated number of birds killed by house cats (*Felis catus*) in Canada. **Avian Conservation and Ecology**, v. 8, n. 2, 2013.

BRACEY, A. M. et al. Variation in bird-window collision mortality and scavenging rates within an urban landscape. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 128, n. 2, p. 355-367, 2016.

BROWN, B. B. et al. Winter bird-window collisions: mitigation success, risk factors, and implementation challenges. **PeerJ**, v. 7, p. e7620, 2019.

BROWN, B. B.; HUNTER, L.; SANTOS, S. Bird-window collisions: Different fall and winter risk and protective factors. **PeerJ**, v. 8, p. e9401, 2020.

BOGAS, J. M. P. **Fachadas de Vidro**: Explorar os limites da utilização do vidro na construção. 2011. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/23103> Acesso em: 28 jun 2022.

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 (Curitiba)**, v. 34, 2017.

COUSINS, R. A. et al. Impact injuries and probability of survival in a large semiurban endemic pigeon in New Zealand, *Hemiphaga novaeseelandiae*. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 48, n. 3, p. 567-574, 2012.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. Editora Saraiva, 2009. 9788502122345. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502122345/>> Acesso em: 29 mai. 2022.

DUNN, E. H. Bird mortality from striking residential windows in winter. **Journal of Field Ornithology**, v. 64, n. 3, p. 302-309, 1993.

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. **USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191**, 2005.

FORNAZARI, G. A. et al. Window Collisions by Birds in Brazil: Epidemiologic Factors and Radiographic and Necropsy Assessments. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 35, n. 3, p. 313-324, 2021.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. Atlas Dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2018-2019 Relatório Técnico. São Paulo. 2020. Disponível em: [http://mapas.sosma.org.br/site\\_media/download/2020\\_Atlas\\_Mata\\_Atlantica\\_2018-2019\\_relatorio\\_tecnico\\_final.pdf](http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/2020_Atlas_Mata_Atlantica_2018-2019_relatorio_tecnico_final.pdf). Acesso em: 08 de ago 2021.

GALINDO-LEAL C.; CÂMARA I. G. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, Conservação Internacional, Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade, 2005. ISBN 8598946028

GELB, Y.; DELACRETAZ, N. Windows and vegetation: primary factors in Manhattan bird collisions. **Northeastern Naturalist**, v. 16, n. 3, p. 455-470, 2009.

GLUE, D. E. Ringing recovery circumstances of small birds of prey. **Bird Study**, v. 18, n. 3, p. 137-146, 1971.

GÓMEZ-MARTÍNEZ, M. A. et al. Window strikes: bird collisions in a Neotropical green city. **Urban Ecosystems**, v. 22, n. 4, p. 699-708, 2019.

RIDGELY, R. S. et al. **Guia aves do Brasil: Mata Atlântica do Sudeste**. São Paulo: Horizonte Geográfico, 2015.

HAGER, S. B. et al. Bird density and mortality at windows. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 120, n. 3, p. 550-564, 2008.

HAGER, S. B. et al. Window area and development drive spatial variation in bird-window collisions in an urban landscape. **PloS one**, 8(1), e53371. 2013.

HAGER, S. B.; COSENTINO, B. J. Surveying for bird carcasses resulting from window collisions: a standardized protocol. **PeerJ PrePrints**, 2014.

HICKMAN JR., C.P.; ROBERTS, L.S.; KEEN, S.L.; AL., E. **Princípios Integrados de Zoologia**. 16ª edição. Editora??? Grupo GEN, Cidade, 2016. 9788527729611. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527729611/>. Acesso em: 10 Jun 2022

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**, v. 11, n. 1, p. e0144600, 2016.

KLEM JR, D. Bird: window collisions. **The Wilson Bulletin**, p. 606-620, 1989.

KLEM JR, D. Bird Injuries, cause of death, and recuperation from collisions with windows. **Journal of Field Ornithology**, p. 115-119, 1990a.

KLEM JR, D. Collisions between birds and windows: mortality and prevention. **Journal of Field Ornithology**, p. 120-128, 1990b.

KLEM, D. et al. Effects of window angling, feeder placement, and scavengers on avian mortality at plate glass. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 116, n. 1, p. 69-73, 2004.

KLEM, D. Avian mortality at windows: the second largest human source of bird mortality on Earth. IN: Tundra to tropics: connecting birds, habitats and people. **Anais da Fourth International Partners in Flight Conference: Tundra to Tropics**. 2008. Texas. p. 244-251.

KLEM JR, D. et al. Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. **The Wilson Journal of Ornithology**, p. 126-134, 2009a.

KLEM JR, D. Preventing bird–window collisions. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 121, n. 2, p. 314-321, 2009b.

KLEM JR, D.; SAENGER, P. G. Evaluating the effectiveness of select visual signals to prevent bird-window collisions. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 125, n. 2, p. 406-411, 2013.

KUMMER, J. A.; BAYNE, E. M.; MACHTANS, C. S. Use of citizen science to identify factors affecting bird–window collision risk at houses. **The Condor: Ornithological Applications**, v. 118, n. 3, p. 624-639, 2016.

LOPES, A. C. **Colisões de aves com o vidro na Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP: é possível evitar?** 2019. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: <<http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2471>> Acesso em: 31 de jun. 2021.

LOSS, S. R.; WILL, T.; MARRA, P. P. Direct human caused mortality of birds: Improving quantification of magnitude and assessment of population impact. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 7, p. 357-364, 2012.

LOSS, S. R. et al. Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. **The Condor**, v. 116, n. 1, p. 8-23, 2014a.

LOSS, S. R. et al. Best practices for data collection in studies of bird-window collisions. 2014b. Disponível em:

<<https://www.fws.gov/migratorybirds/pdf/management/Lossetal2014bestpracticesforwindowdata.pdf>> Acesso em: 04 de ago. 2021.

LOSS, S. R. et al. Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city. **PloS one**, v. 14, n. 11, p. e0224164, 2019.

MACHTANS, C.; WEDELES, C.; BAYNE, E. A first estimate for Canada of the number of birds killed by colliding with building windows. **Avian Conservation and Ecology**, v. 8, n. 2, 2013.

MELO, M. A.; SILVA, M. A. G.; PIRATELLI, A. J. Improvement of vegetation structure enhances bird functional traits and habitat resilience in an area of ongoing restoration in the Atlantic Forest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, 2020.

MENACHO-ODIO, R. M. Local perceptions, attitudes, beliefs, and practices toward bird-window collisions in Monteverde, Costa Rica. **UNED Research Journal**, v. 10, 2018.

MENCATO, A. A.; TRECO, F. R. Estrutura e composição da avifauna em um ambiente rural no sul do Brasil. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 12-20, 2016.

MORANTE-FILHO, J. C.; FARIA, D. An Appraisal of Bird-Mediated Ecological Functions in a Changing World. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917703339, 2017. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1940082917703339>>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

NICHOLS, K. S. **Birds & buildings**: Bird-window collisions in the urban landscape. 2018. Tese de Doutorado. University of Minnesota. 2018.

NICHOLS, K. S. et al. Bird-building collision risk: An assessment of the collision risk of birds with buildings by phylogeny and behavior using two citizen-science datasets. **PloS one**, v. 13, n. 8, p. e0201558, 2018.

NISHI, N. et al. The factor of bird collision with windows and the consideration for countermeasure. **Japanese Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 15, n. 2, p. 95-100, 2010.

OCAMPO-PEÑUELA, N. et al. Patterns of bird-window collisions inform mitigation on a university campus. **PeerJ**, v. 4, p. e1652, 2016.

PACHECO, J.F. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. **Ornithology Research**, v. 29 n. 2, p. 94-105, 2021. <<https://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/Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91-298, 2015.

RAYNER, J. Form and function in avian flight. In: **Current ornithology**. Springer, Boston, MA, 1988. p. 1-66.

REBOLO-IFRÁN, N.; DI VIRGILIO, A.; LAMBERTUCCI, S. A. Drivers of bird-window collisions in southern South America: a two-scale assessment applying citizen science. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019.

RELYEA, R.; RICKLEFS, R. **Economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. 9788527737623. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527737623/>> Acesso em: 27 jun. 2022.

RIBEIRO, B. C.; PIRATELLI, A. J. Circular-shaped decals prevent bird-window collisions. **Ornithology Research**, v. 28, n. 1, p. 69-73, 2020.

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**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2021.

RÖSSLER, M.; NEMETH, E.; BRUCKNER, A. Glass pane markings to prevent bird-window collisions: less can be more. **Biologia**, v. 70, n. 4, p. 535-541, 2015. <https://doi.org/10.1515/biolog-2015-0057>

SABO, A. M. et al. Local avian density influences risk of mortality from window strikes. **PeerJ**, v. 4, p. e2170, 2016.

SANTIAGO-ALARCON, D.; DELGADO-V, C. A. Warning! Urban threats for birds in Latin America. In: MACGREGOR-FORS, I.; ESCOBAR-IBÁÑEZ, J. F. (ed.) **Avian ecology in Latin American cityscapes**. Springer, 2017. p. 125-142.

SANTOS, L. P. S.; DE ABREU, V. F.; DE VASCONCELOS, M. F. Bird mortality due to collisions in glass panes on an Important Bird Area of southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 25, n. 2, p. 90-101, 2017.

SHEPPARD, C. D. Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass. **Global Ecology and Conservation**, v. 20, p. e00795, 2019.

SCHNEIDER, M. Prédios envidraçados como fator de mortalidade de aves. Brasília: Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2018. Série Estudo Técnico. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/36260>>. Acesso em: 20 de jun. 2021.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira: uma introdução**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1984.

SILVA, S. A. S. **Elaboração de um modelo digital de terreno do campus da UTFPR-DV a partir de carta topográfica e pontos geodésicos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10813> Acesso em: 28 jun 2022

SILVA, W. R.; PIZO, M. A.; GABRIEL, V. A. Avifauna como promotora da restauração ecológica. *In*: VON MATTER, S. et al. (org.), **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. 507-516

STOLK, A. S. et al. Avifauna colidida em estruturas de vidro no perímetro urbano do balneário Rincão, Santa Catarina. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 21, p. 249-263, 2015.

SWADDLE, J. P. et al. Ultraviolet-reflective film applied to windows reduces the likelihood of collisions for two species of songbird. **PeerJ**, v. 8, p. e9926, 2020.

TORRES, M. A. V. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. [s. l.]: Instituto Plantarum, 2003. ISBN 8586714194.

TOWNSEND, C. W. Tragedies among yellow-billed cuckoos. **The Auk**, v. 48, n. 4, p. 602-602, 1931.

URIBE-MORFÍN, P. et al. The invisible enemy: Understanding bird-window strikes through citizen science in a focal city. **Ecological Research**, v. 36, n. 3, p. 430-439, 2021.

VAN DOREN, B. M. et al. Drivers of fatal bird collisions in an urban center. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 24, 2021.



VIELLIARD, J. M. E. et al. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). *In*: VON MATTER, S. et al. (org.), **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010. p. 47-60.

VOGEL, H. F. **Influência de diferentes métodos de restauração ecológica sobre a assembleia de aves em agroecossistema subtropical no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5053>. Acesso em: 06 jun 2022.

WENNY, D. G. et al. The need to quantify ecosystem services provided by birds. **The auk**, v. 128, n. 1, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/auk.2011.10248>. Acesso em: 19 de jun. 2021.

WITTIG, T. W. et al. Species traits and local abundance affect bird-window collision frequency. **Avian Conservation and Ecology**, v. 12, n. 1, p. 17, 2017.

WHELAN, C. J.; ŞEKERCIOĞLU, Ç. H.; WENNY, D. G. Why birds matter: from economic ornithology to ecosystem services. **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p. 227-238, 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-015-1229-y>. Acesso em: 19 de jun. 2021.