

# UMA ANÁLISE DOS DADOS E MAPA DE CALOR DE REPORGES DE FAUNA DO SETOR WHISKEY DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA COMO AUXÍLIO NO VOO DE INSTRUÇÃO<sup>1</sup>

## *AN ANALYSIS OF DATA AND HEAT MAP OF WILDLIFE REPORTS FROM THE WHISKEY SECTOR OF THE AIR FORCE ACADEMY AS AN AID IN INSTRUCTIONAL FLIGHT*

Lucas Cariello Medeiros Moraes<sup>2</sup>  
Marcus Vinicius de Araújo Lima<sup>3</sup>

### RESUMO

A interação entre a fauna e aeronaves representa um perigo real que exige atenção especial por parte dos operadores. O 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), localizado na Academia da Força Aérea, realiza voos de instrução como parte do processo de formação dos cadetes. Esses voos estão sujeitos aos riscos decorrentes dessa interação com a fauna, devido às características específicas desse tipo de voo, como voo em baixas altitudes e treinamentos de tráfego de emergência, além da falta de experiência dos alunos. Apesar dos dados sobre risco de fauna disponíveis, não encontrou-se um mapa de calor que englobe os reportes do setor Whiskey, incluindo a abrangência do aeródromo da AFA e as cidades pertencentes a esta área, região onde é realizada a instrução aérea do 1º EIA. O presente estudo apresenta uma análise estatística descritiva dos dados, bem como um mapa de calor específico da região de interesse com o objetivo de identificar as áreas com maior incidência de risco de interação com fauna. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi estudado o conceito de segurança de voo, especialmente no que se refere ao risco de interação entre fauna e aeronaves. Além disso, por meio dos dados de relatos de risco de fauna obtidos no site “riscodefauna.net” e do aplicativo QGIS, foi elaborado um mapa de calor, utilizando a densidade de Kernel, para identificar as áreas de maior densidade de risco de fauna no setor Whiskey. Ao final deste estudo, espera-se que ele possa auxiliar na segurança de voo dos militares envolvidos na instrução do 1º EIA, especialmente dos cadetes, identificando as áreas de maior risco de interação com fauna, além das diferentes circunstâncias de voo que apresentam maior incidência desse fenômeno, contribuindo para o processo decisório durante o voo.

**Palavras-chave:** Mapa de Calor; Densidade de Kernel; Risco de Fauna; Reporte de Fauna.

---

<sup>1</sup>Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) da Academia da Força Aérea.

<sup>2</sup>Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma Árion, 2024)

<sup>3</sup>Prof. Associado III da AFA, Bacharelado em Matemática, Mestrado em Matemática Aplicada e Doutorado em Matemática, pela Universidade Federal de São Carlos.

## ABSTRACT

The interaction between birds and aircraft poses a real danger that demands special attention from operators. The 1<sup>ª</sup> Esquadrão de Instrução Aérea (1<sup>ª</sup> EIA), located at the Academia da Força Aérea, conducts instructional flights as part of the cadets' training process. These flights are subject to risks arising from this interaction with wildlife due to the specific characteristics of this type of flight, such as low-altitude flying and emergency traffic training, as well as the lack of experience of the students. Despite the available data on wildlife risk, there is no heat map that encompasses the reports from the Whiskey sector, including the coverage of the AFA aerodrome and the cities within this area, where the 1<sup>ª</sup> EIA aerial instruction is conducted. This study presents a descriptive statistical analysis of the data, as well as a specific heat map of the region of interest, aiming to identify areas with the highest incidence of wildlife interaction risk. For this work, the concept of flight safety was studied, especially regarding the risk of interaction between wildlife and aircraft. Additionally, using wildlife risk report data obtained from the “riscodefauna.net” website and the QGIS application, a heat map was created using Kernel density to identify areas with the highest density of wildlife risk in the Whiskey sector. At the end of this study, it is expected that it will aid in the flight safety of the military personnel involved in the instruction of the 1<sup>ª</sup> EIA, especially the cadets, by identifying areas of high wildlife interaction risk, as well as the different flight circumstances that present the highest incidence of this phenomenon, contributing to the decision-making process during flights.

**Keywords:** Heat Map; Kernel Density; Wildlife Risk; Wildlife Reporting.

## INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) é uma instituição de ensino da Força Aérea Brasileira, localizada na cidade de Pirassununga-SP, que tem como missão formar Oficiais de Carreira da Aeronáutica dos Quadros de Oficiais Aviadores (CFOAV), Intendentes (CFOINT) e de Infantaria da Aeronáutica (CFOINF), desenvolvendo em cada cadete os atributos militares, intelectuais e profissionais, além dos padrões éticos, morais, cívicos e sociais, obtendo-se, ao final deste processo, Oficiais em condições de se tornarem líderes de uma moderna Força Aérea. (Brasil, 2023)

No Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV) realizado na AFA, são ministradas instruções de voo aos cadetes pelo 1<sup>ª</sup> Esquadrão de Instrução Aérea (1<sup>ª</sup> EIA) e 2<sup>ª</sup> Esquadrão de Instrução Aérea (2<sup>ª</sup> EIA). O 1<sup>ª</sup> EIA é responsável por ministrar o Curso Avançado da aeronave Embraer T-27M Tucano aos cadetes do 4<sup>ª</sup> ano, com exceção daqueles que não possuem as medidas antropométricas adequadas para a aeronave. As áreas disponíveis na AFA destinadas ao treinamento de pilotos militares são divididas em 11 (onze) áreas menores, divididas em dois setores, Setor Echo

e Setor Whiskey. As áreas do Setor Whiskey são denominadas Capricórnio, Aquário, Peixes, Taurus, Libra Alta, Virgem Alta e Gêmeos Alta e as áreas do Setor Echo são denominadas Sagitário, Libra, Virgem e Gêmeos (Brasil, 2024). Essas áreas são cruciais para o treinamento aéreo, mas podem ser cenários de colisões entre aeronaves e a fauna, representando um desafio para a segurança aérea.

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe, com base nos dados registrados pelas fichas CENIPA e dados do site “riscodefauna.net”, elaborar um mapa de calor das zonas de risco de fauna do Setor Whiskey e realizar uma análise estatística dos reportes com o objetivo de responder à seguinte pergunta: **Nos últimos 5 anos, quais são as áreas do Setor Whiskey em que há maior risco de fauna para os voos de instrução?** Dessa forma, espera-se que esse mapeamento auxilie a prevenção de acidentes aéreos relacionados à colisão com aves.

O presente trabalho tem como objetivos específicos analisar os dados de reporte de fauna do Setor Whiskey da Academia da Força Aérea e identificar as regiões de maior incidência de fauna na área estudada. Com o intuito de alcançar esses objetivos, o estudo visa mapear a presença de fauna na área estudada e apresentar dados estatísticos por meio de gráficos, a fim de auxiliar na tomada de decisão dos cadetes na realização dos voos de instrução no 1<sup>a</sup> EIA.

Além disso, o estudo se propõe a explicar o contexto de risco de fauna e associar esse tema com a segurança de voo. Ao relacionar esses fatores, espera-se gerar um aumento significativo na mentalidade de segurança de voo dos tripulantes envolvidos, destacando a importância dos reportes de fauna para a atividade aérea.

## 1 DESENVOLVIMENTO

### 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

#### *1.1.1 Segurança de Voo*

A segurança na aviação é uma grande preocupação em todo o mundo, ganhando o foco de diversas organizações internacionais, como, por exemplo, a ICAO (International Civil Aviation Organization/ Organização Internacional da Aviação Civil), em melhorias na segurança durante as operações aéreas (Lopez-Lago, 2017). No Brasil, o órgão responsável pela investigação de acidentes aeronáuticos é o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Ele é subordinado ao Comando da Aeronáutica e tem como objetivo principal promover a segurança operacional da aviação civil e militar. Além das atividades de investigação, o CENIPA também desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes aeronáuticos, por meio da divulgação de informações de segurança, treinamentos e desenvolvimento de diretrizes e regulamentos (CENIPA, 2021).

Dentro da questão de segurança na aviação, encontra-se o risco de fauna, que se refere ao perigo ou ameaça associada à interação entre a fauna e aeronaves, podendo causar danos aos equipamentos, além de representar perigo à vida humana. Nesse contexto, analisando os relatórios de ocorrência do CENIPA, destaca-se a Ficha CENIPA 15 (FC15), um formulário fundamental para o registro de eventos de colisão aviária, contribuindo para o enriquecimento do banco de dados do SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos). A FC15 tem importância incontestável no gerenciamento de risco de fauna, por representar a etapa inicial do processo de identificação de perigos que permite o estabelecimento do processo de gerenciamento de risco. (Brasil, 2017).

#### *1.1.2 Risco de Fauna*

As aves dominaram os céus há mais de 150 milhões de anos, enquanto o homem começou a conquista dos céus com o voo do 14-BIS, realizado por Santos Dumont em 23 de Outubro de 1906. Desde então o risco de colisão entre fauna e aeronaves se tornou uma realidade (Cleary; Dolbeer, 2005). O primeiro registro de colisão com aves foi realizado por Orville Wright, durante um voo em

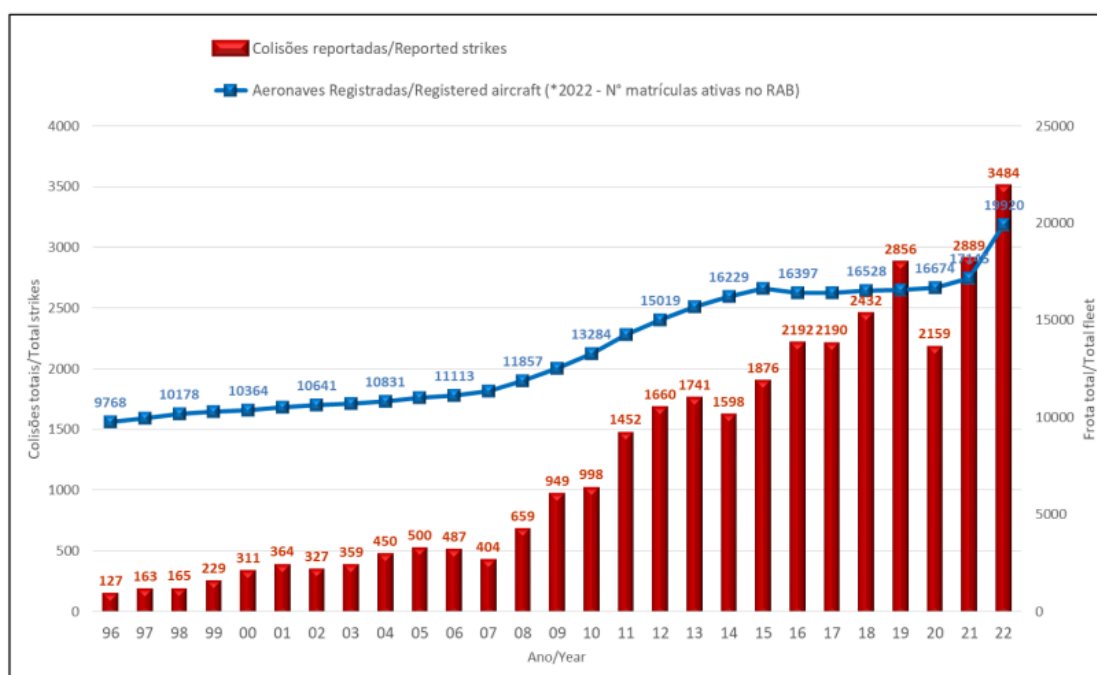
Ohio, no ano de 1908, e a primeira fatalidade foi registrada em 1912, quando uma gaiivota se alojou nos controles do avião pilotado por Cal Rodgers (Cleary, Dolbeer, 2005; Thorpe, 2003).

De acordo com Dolbeer (2006), as colisões entre aeronaves e aves representam um sério desafio para a segurança aérea, com o potencial de causar danos significativos às aeronaves, colocando em risco a vida dos ocupantes e comprometendo a operacionalidade.

Não cabe às aves respeitar quaisquer limites do espaço aéreo e dos aeroportos, fase de voo, tipo de aeronave, estação do ano e experiência da tripulação. Apesar disso, a solução passa por todas essas áreas. A redução do risco relacionado às aves depende de inúmeros fatores em um constante ambiente de mudança (Dolbeer, 2007).

De acordo com Eschenfelder (2002), o conflito resultante do aumento de populações de aves e da atividade aeronáutica indica que estamos nos distanciando dos níveis considerados aceitáveis para um voo seguro.

A Figura 1 ilustra a evolução do número de colisões reportadas pela frota de aeronaves registradas de 1996 a 2022. Credita-se que o aumento dos reportes em todos os anos se deve a ampliação da frota brasileira, aumento da malha aeronáutica impactando no incremento de movimentos, aumento da população de fauna em torno de áreas urbanas e a participação de integrantes do setor aéreo na confecção de reportes (CENIPA, 2021).



**Figura 1** Colisões reportadas pela frota de aeronaves registradas de 1996 a 2022

Fonte: Anuário de Risco de Fauna 2022

Observando os dados presentes na Figura 1, podemos notar que o ano de 2020 não seguiu a tendência de crescimento dos anos anteriores. Tal percentual destaca-se como substancialmente discrepante em comparação com as demais diminuições apresentadas no gráfico. Esse fato sustenta-se devido às medidas impostas para enfrentar a pandemia da Covid-19. Ainda assim, é possível observar que em 2021, com o retorno das operações regulares, mesmo gradativamente, houve um aumento de 33,3% no número de reportes de colisões comparado a 2020, o mais alto desde 2019 (CENIPA, 2021).

Por fim, diante dos dados apresentados, pode-se observar que o aumento no número de reportes de colisões está se tornando um fator ordinário, sendo uma questão importante para a segurança de voo em toda aviação. Dessa forma, o comprometimento com a Prevenção de Acidentes na instrução da Academia da Força Aérea, desde o aluno até o instrutor mais experiente, é muito importante para a formação de profissionais competentes e o desenvolvimento de uma cultura forte de segurança de voo.

### 1.1.3 Geoprocessamento

A velocidade na obtenção, manipulação e exibição de dados e informações somada à necessidade de espacialização de fenômenos de diversas naturezas vêm se tornando elementos fundamentais no planejamento e gestão de diferentes propósitos nos mais variados segmentos da sociedade (Menezes e Fernandes, 2013). Na visão de Andrade *et al.* (2013), a utilização das geotecnologias vem evoluindo significativamente nos últimos anos, abrangendo diferentes organizações nas áreas de administração municipal, infraestrutura, gestão ambiental, educação, entre outras. Dessa forma, a utilização de métodos de geoprocessamento pode ser uma alternativa interessante para o desenvolvimento de mapas de calor com o objetivo de identificação de focos de risco de fauna, podendo ser utilizado como auxílio à aviação.

O uso dos ‘Mapas de Kernel’, nas geotecnologias, é um método estatístico de estimação de curvas de densidades, utilizando pontos cotados. Neste método cada uma das observações, pontos, é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo (Bossle, 2017).

O estimador de densidade kernel desenha uma vizinhança circular ao redor da cada ponto da amostra, correspondendo ao raio de influência, e então é aplicada uma função matemática de 1, na posição do ponto, a 0, na fronteira da vizinhança. O valor para a célula é a soma dos valores kernel

sobrepostos, e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986 apud SOUZA *et al.*, 2013).

Com este método, densidade de kernel, é possível criar mapas de focos de calor para mostrar os níveis de densidade que variam de acordo com o gradiente de cores e tonalidades representados, assim com cores quentes, usando o vermelho escuro, que indica densidade muito alta, vermelho, com tonalidade mais clara, indicando densidade alta, laranja com densidade média, amarela com densidade baixa e ou muito baixa (Marques, Costa Sobrinho, 2020, p. 214).

Assim, detectada uma faixa com uma tonalidade ou cor mais intensa, por exemplo, vermelha, pode-se inferir que nesta região, existe uma concentração elevada, pois os pontos segregados estão muito próximos, criando este tipo de resultado, o raciocínio pode ser feito de forma contrária, ou seja, quanto mais clara a cor, menos concentrados (Souza, 2013).

Segundo Marques e Costa Sobrinho (2020), esse tipo de mapa é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões. Sendo assim, o desenvolvimento de um mapa que apresenta uma análise dos padrões de distribuição das aves na área de instrução do 1º Esquadrão de Instrução Aérea seria um valioso auxílio para a tomada de decisão dos cadetes durante o voo de instrução, além de contribuir para o desenvolvimento da cultura de segurança de voo.

## 1.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DO OBJETO DE ESTUDO

Para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, foi realizado um estudo de natureza aplicada, baseado em uma análise descritiva e uma abordagem quantitativa de um compilado de dados de reportes de risco de fauna no Setor Whiskey da AFA. Segundo Pereira (2018), estes métodos quantitativos geram conjuntos ou massas de dados que podem ser analisados por meio de técnicas matemáticas como é o caso das porcentagens, estatísticas e probabilidades.

Segundo Fonseca (2002), qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos científicos, livros, dissertações e manuais, a fim de identificar estudos e informações relevantes sobre segurança de voo, risco de fauna e geoprocessamento.

Em seguida, foram coletados dados de reportes de risco de fauna, obtidos por meio do site “riscodefauna.net”. É importante ressaltar que os dados presentes neste site são registrados no Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA) pela Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) do esquadrão competente. Esses dados foram analisados e

classificados conforme a localização geográfica, e organizados em uma planilha para serem utilizados e implementados no Programa QGIS para a elaboração do mapa de calor. O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, suportável em Linux, Unix, MacOS, Windows e Android, suportando diversos formatos de dados vetoriais, matriciais e banco de dados. Além disso, o QGIS fornece recursos que permitem gerar, visualizar, gerenciar, editar e analisar dados, além de permitir composição de mapas imprimíveis e exportáveis em diversos formatos (Pereira; Guimarães; Oliveira, 2018). O software conta ainda com um manual do usuário frequentemente atualizado e disponível em diversas línguas, o que junto com sua maleabilidade de funções via arquitetura de plug-ins, faz com que o QGIS seja adaptável às necessidades de qualquer usuário (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012).

Por fim, os resultados foram elaborados e apresentados em dois formatos principais: um mapa de calor, destacando as áreas de maior concentração de risco no Setor Whiskey, e dados estatísticos visualizados por meio de gráficos. Essas representações fornecem um recurso valioso para o processo de tomada de decisão dos cadetes durante o voo de instrução na Academia da Força Aérea. Ao fornecer informações claras sobre as áreas e momentos de maior incidência de risco, esses recursos auxiliam os cadetes na condução segura do voo, além de aumentar seu nível de atenção em relação aos horários, fases e altitudes que apresentam maior probabilidade de ocorrência de incidentes.

### 1.3 ÁREA DE ESTUDO

A Academia da Força Aérea possui zonas de interesse para aves, mas através de uma gestão apropriada e medidas de prevenção, é viável controlar essas zonas e reduzir sua atratividade para as espécies. Alguns desses lugares incluem abatedouros, unidades de processamento de couro, locais de despejo de resíduos e campos agrícolas, que atraem aves. Dado o vasto território da AFA, com várias estruturas e áreas dedicadas ao cultivo de cana-de-açúcar e atividades agrícolas na Fazenda de Aeronáutica de Pirassununga (FAYS), junto com a existência de lagoas que também atraem aves, fica claro que apenas considerando a área pertencente à FAB, há uma quantidade considerável de pontos de interesse para essas aves (Suhett, 2015).

Especificamente, a AFA é separada em dois setores, E e W, com essa divisão sendo feita com base nas particularidades das operações e dos projetos realizados em cada setor. O Setor W possui duas pistas para pousos e decolagens, além de taxiways, pátio de movimentação e

estacionamento, torre de controle, equipe de combate a incêndios, hangaretes e hangares de manutenção. A área operacional abrange 197 hectares, não é cercada, e é delimitada a oeste e ao sul por fragmentos de Cerrado em processo de regeneração secundária. As áreas ao redor do Setor W são ocupadas por plantações de cana-de-açúcar e pela área administrativa. (Brasil, 2022)

Para a análise dos dados do trabalho e elaboração do mapa de calor foram selecionados os diversos reportes de avistamento de fauna com as coordenadas da área do Setor Whiskey da AFA e a região do aeródromo SBYS, local onde são realizados os voos de instrução do 1<sup>a</sup> Esquadrão de Instrução Aérea (Figura 2). Essa área é definida pelos seguintes limites:

Limites laterais:

- Linha imaginária que liga a cidade de Pirassununga à cidade de Leme;
- Linha imaginária que liga a cidade de Leme à cidade de Araras;
- Linha imaginária que liga a cidade de Araras à cidade de Iracemápolis;
- Linha imaginária que liga a cidade de Iracemápolis à cidade de Brotas;
- Linha imaginária que liga a cidade de Brotas à cidade de Matão;
- Linha imaginária que liga a cidade de Matão à cidade de Cravinhos;
- Linha imaginária que liga a cidade de Cravinhos à cidade de Cajuru;
- Linha imaginária que liga a cidade de Cajuru à cidade de Mococa;
- Linha imaginária que liga a cidade de Mococa à cidade de Santa Rosa do Viterbo;
- Linha imaginária que liga a cidade de Santa Rosa do Viterbo à cidade de Santa Rita do Passa Quatro;
- Linha imaginária que liga a cidade de Santa Rita do Passa Quatro à cidade de Porto Ferreira;
- Linha imaginária que liga a cidade de Porto Ferreira à cidade de Pirassununga.

Limite vertical:

- Desde o solo até 19000 ft de altitude inclusive.



- Tobogã: trevo da estrada de Aguaí com a Anhanguera, Analândia, Descalvado e Porto Ferreira.

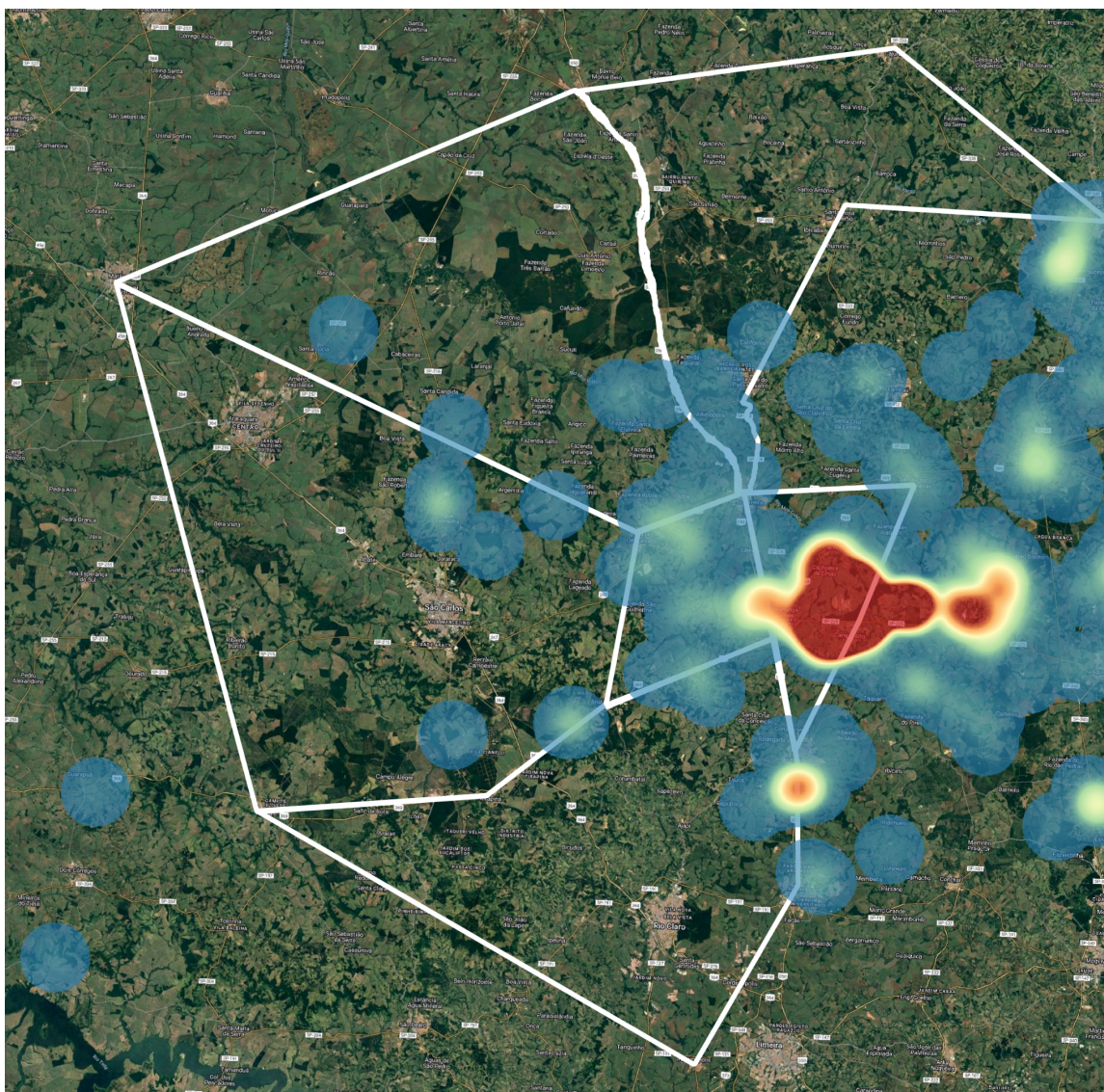


**Figura 3** Mapa das subáreas de instrução do 1º Esquadrão de Instrução Aérea

Fonte: elaboração própria.

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

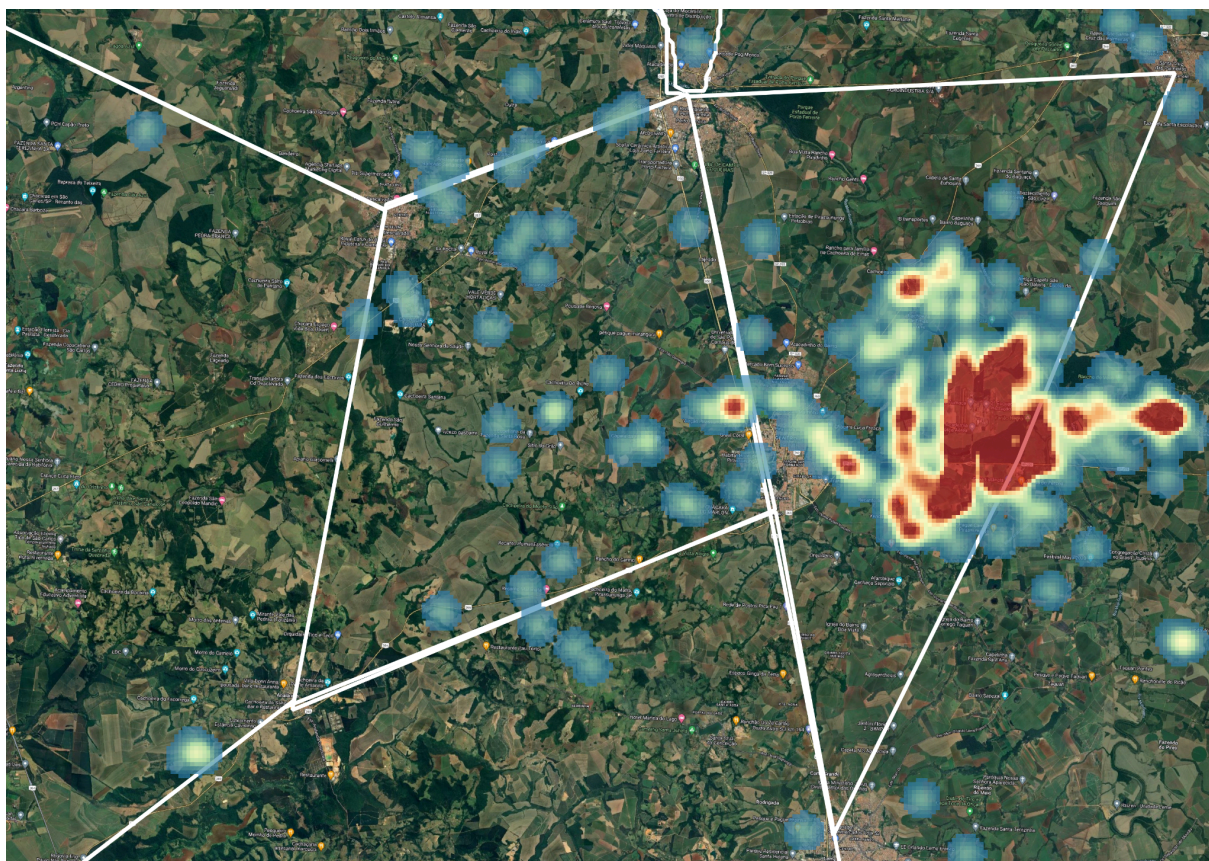
Para a criação do mapa de calor, foi utilizado o programa QGIS, com a aplicação da camada "Mapa de Calor (Estimativa de densidade de Kernel)". Para a alimentação dessa camada, foram utilizadas as coordenadas geográficas dos dados de reporte de fauna do mês de maio de 2020 até o mês de fevereiro de 2024. Para a configuração dessa camada, foi utilizada a função do estimador de Kernel para cálculo do raio, sendo utilizado um raio de 5000m e o raio do pixel no tamanho de 250m. Os dados de reportes utilizados foram obtidos através do site "riscodefauna.net" e preenchidos pelos tripulantes envolvidos com a atividade aérea da Academia da Força Aérea.



**Figura 4** Mapa de calor confeccionado com os reportes de fauna

Fonte: elaboração própria.

Ao analisar o mapa de calor (Figura 4), é possível constatar que as áreas de maior incidência de risco de fauna identificadas foram a área de movimento do aeródromo, integrada pela área de manobras e também pelos pátios de estacionamento de aeronaves, além das áreas do circuito de tráfego do 1º EIA, que engloba a área de Tobogã e a vertical do aeródromo. Além disso, as regiões próximas às pistas de Leme e São Carlos também foram identificadas com um número expressivo de reportes.

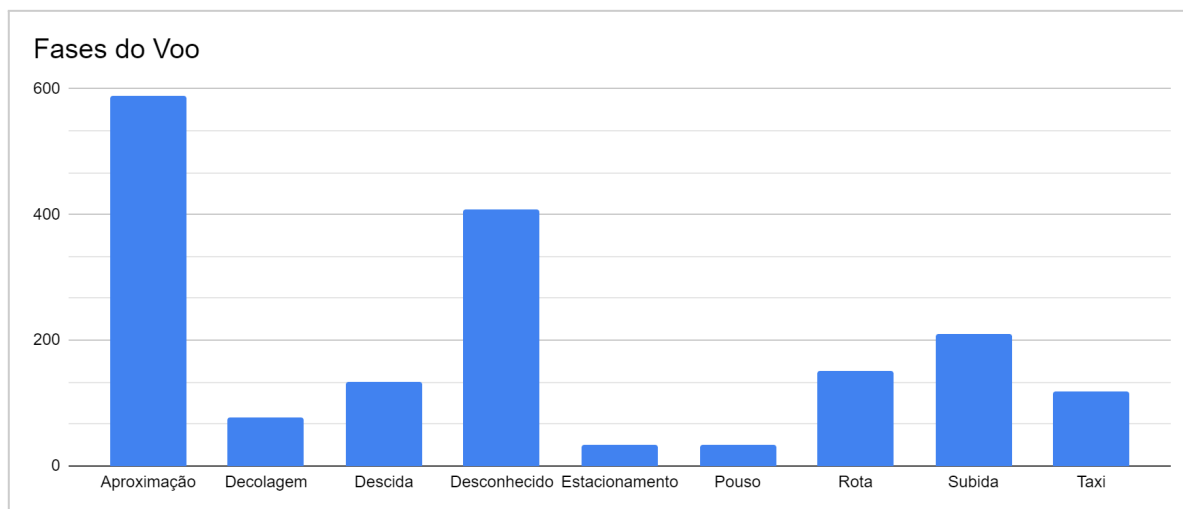


**Figura 5** Extrato do mapa ampliado nas áreas de maior incidência

Fonte: elaboração própria.

O mapeamento realizado oferece uma valiosa fonte de estudo sobre a incidência de fauna na área do setor Whiskey da Academia da Força Aérea. Ao ser analisado o mapa, pode-se observar que as áreas com o maior número de reportes foram a área de movimento do aeródromo, as áreas do circuito de tráfego do T-27M e as pistas de Leme e São Carlos, utilizadas para a realização de treinamento de pouso de emergência.

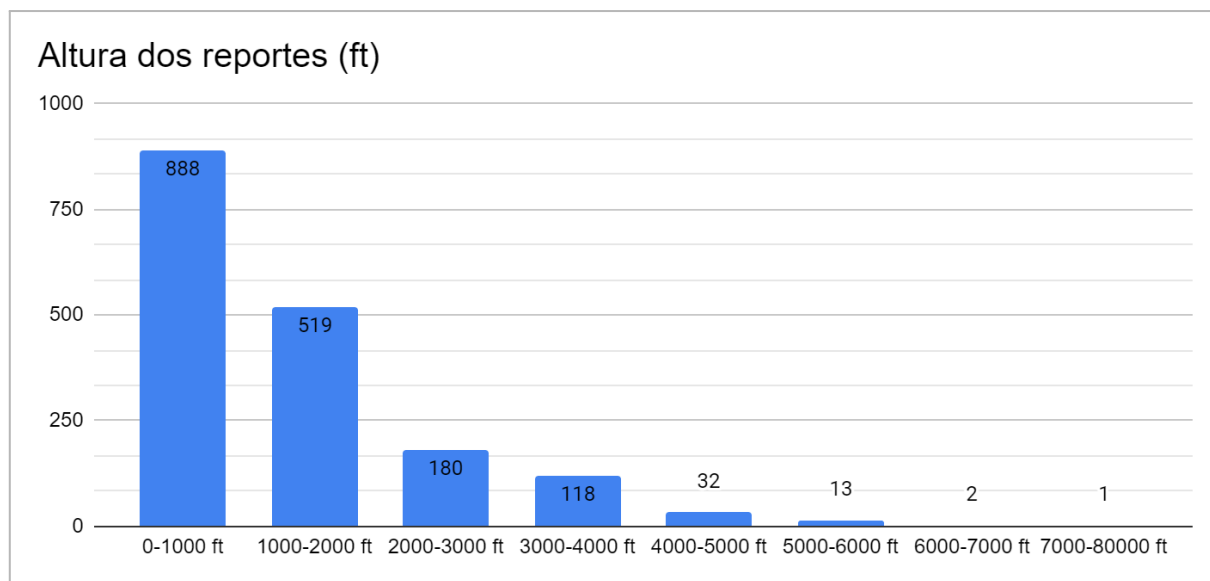
Um ponto comum entre essas áreas de maior incidência que merece destaque é a natureza das fases do voo de instrução durante esses momentos: realização do táxi, estacionamento, tráfego e os treinamentos de pouso de emergência. Ao examinar o gráfico das fases de voo dos reportes analisados (Figura 6), é evidente que essas fases constituem uma predominância marcante das ocorrências, representando aproximadamente 49% dos dados fornecidos. É importante destacar que 23% dos reportes indicaram a fase de voo como "desconhecida", o que constitui um fator prejudicial tanto para a análise dos dados quanto para o estudo do risco de fauna em relação à segurança de voo.



**Figura 6** Gráfico de análise das fases de voo dos reportes

Fonte: elaboração própria.

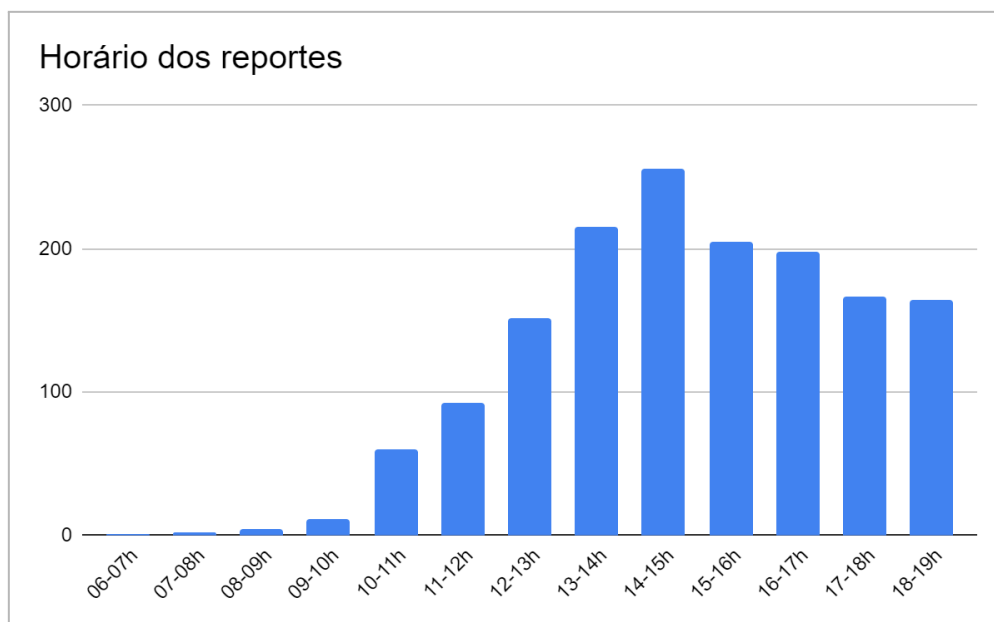
Ao analisar as fases mencionadas anteriormente, é possível identificar uma característica comum relacionada à altura. Em todas as fases, o T-27M é observado em alturas mais baixas, aproximadamente abaixo dos 4000 pés AGL. A fase de "Aproximação", que representou a maior parte dos reportes analisados, é definida pelo Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA) como: a aeronave está voando entre 3500 pés e 201 pés AGL na trajetória de aproximação estabilizada para pouso. Dessa forma, relacionando as informações presentes na Figura 6 com os dados do gráfico de análise das altitudes dos reportes (Figura 7), pode-se concluir que o encontro com as aves também está relacionado com a altura em que o avião se encontra, sendo mais propício o encontro em alturas mais baixas.



**Figura 7** Gráfico de análise das alturas dos reportes em pés (ft)

Fonte: elaboração própria.

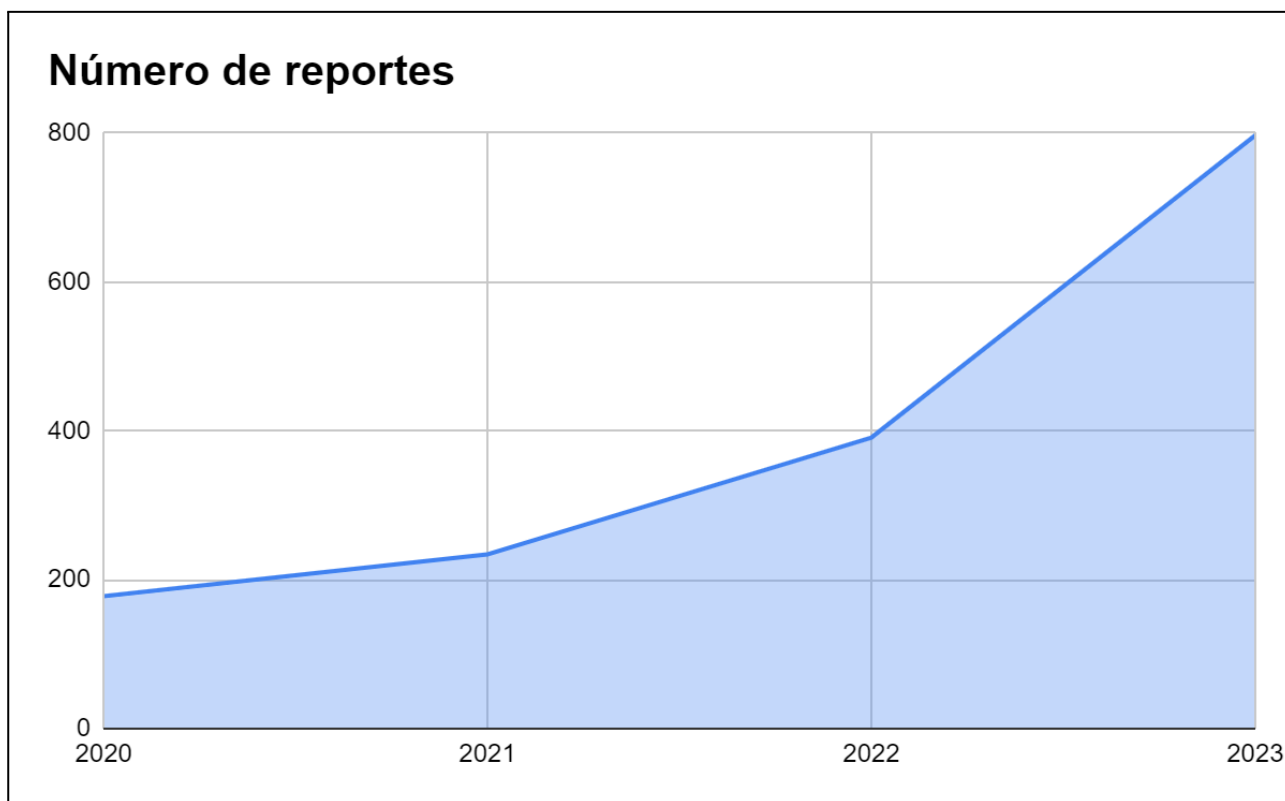
Devido à maior probabilidade de encontro com aves em altitudes mais baixas, são estabelecidas algumas normas de segurança no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA) para esse tipo de voo, relacionando esse fator com o horário em que o voo é realizado. Nas missões de navegação a baixa altura (NBA), os horários de maior incidência térmica devem ser evitados. Considerando o maior índice térmico e o comportamento da fauna com base em dados estatísticos de relatórios de avistamento de quase colisões e colisões, define-se como "horário térmico" o período entre 10:00 h e 16:00 h, inclusive (Brasil, 2024). Portanto, ao analisar os dados apresentados no gráfico de análise dos horários dos reportes (Figura 8), torna-se evidente que essa medida é de grande importância para a segurança das operações aéreas realizadas pelo 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), representando uma forma de mitigar possíveis colisões. Isso se deve ao fato de que aproximadamente 77% dos relatórios analisados estão situados dentro do período definido como "horário térmico".



**Figura 8** Gráfico de análise dos horários dos reportes

Fonte: elaboração própria.

A análise dos dados apresentados revela a significativa importância das medidas mitigadoras implementadas no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1ª EIA), desempenhando um papel crucial na promoção da segurança de voo durante as atividades de instrução na Academia da Força Aérea (AFA). Na AFA pode ser observada uma cultura de segurança de voo bem estabelecida, promovida tanto pelos instrutores de voo quanto pelos cadetes. Este comprometimento com a segurança é corroborado pelo grande aumento no número de reportes anuais demonstrados na Figura 9. É importante salientar que não foram utilizados os reportes do ano de 2024 para essa representação gráfica, devido ao fato de terem sido utilizados dados apenas até o mês de fevereiro deste mesmo ano para o estudo. Este grande aumento no volume de reportes observados no gráfico desempenha um papel fundamental no processo de melhoria contínua da segurança de voo na AFA, servindo como uma ferramenta valiosa para identificar áreas críticas de operação e desenvolver ações e procedimentos destinados a mitigar potenciais incidentes aeronáuticos. Portanto, esses estudos e ações desenvolvidas são fundamentais para que, em um futuro próximo, possamos reduzir o número de colisões e quase colisões, aumentando ainda mais a segurança das atividades aéreas na AFA.



**Figura 9** Gráfico de análise do número de reportes

Fonte: elaboração própria.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No transcorrer deste trabalho de conclusão de curso, foram explorados elementos relacionados à segurança de voo, risco de fauna e geoprocessamento, abordando relações entre os temas destacados. Além disso, foi desenvolvido um mapa de calor das zonas de incidência de fauna da área estudada e um estudo dos dados obtidos através dos reportes de risco de fauna, fornecendo uma perspectiva mais acurada e focalizada para a prevenção de colisões entre aeronaves e a fauna.

Inicialmente, foram explorados aspectos fundamentais relacionados à segurança na aviação, enfatizando o risco representado pela interação entre a fauna e aeronaves e ressaltando a importância do estudo do risco de fauna para garantir operações aéreas seguras.

Em seguida, foram abordados aspectos referentes ao geoprocessamento e foi identificada a utilização dessa tecnologia como uma ferramenta útil para aprimorar a segurança de voo, apresentando a ideia de sua utilização na identificação e representação de áreas com maior probabilidade de ocorrência de eventos envolvendo fauna.

Em continuidade, foi realizado o mapeamento das áreas de potencial risco de interação entre fauna e aeronaves no Setor Whiskey da AFA, apresentando os resultados por meio de um mapa de calor. Esse mapa, gerado a partir dos registros de avistamento de aves, representa uma ferramenta fundamental para os profissionais envolvidos na instrução aérea da AFA, oferecendo uma visualização clara das áreas de maior incidência desse fenômeno, sendo um objeto de estudo relevante para a segurança de voo.

Por fim, foi conduzida uma descrição de dados dos reportes de interação entre aeronaves e a fauna, as quais foram apresentadas por meio de diversos gráficos elucidativos. Essa apresentação de dados teve como objetivo destacar os períodos e circunstâncias de maior probabilidade de encontro com a fauna, considerando diferentes variáveis como as fases do voo, altitudes e horários. Tal descrição fornece insights valiosos para que os profissionais envolvidos na instrução aérea compreendam os momentos críticos e adotem medidas preventivas adequadas para mitigar os riscos associados a essa interação.

No decorrer do trabalho, a cultura de segurança de voo na AFA, promovida tanto pelos instrutores quanto pelos cadetes, foi destacada como um elemento crucial na prevenção de incidentes aeronáuticos. O expressivo crescimento do número de reportes de fauna reflete o comprometimento da instituição com a gestão de riscos de fauna e a busca contínua pela melhoria da segurança de voo. Dessa forma, recomenda-se a continuidade de estudos relacionados ao risco de fauna, com o objetivo de aperfeiçoar as estratégias de prevenção desse fenômeno, contribuindo assim para uma operação aérea cada vez mais segura.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. B.; CARVALHO, A. O.; REGO, C. A. R. M.; DIAS, C. W. S.; CHAGAS, L. C.; ROCHA, S. F.; MARINHO, T. R. S.; BRITO, D. R. B. **Distribuição espacial e temporal da cobertura vegetal e uso do solo do município de Anapurus – Ma.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://urlib.net/3ERPFQTRW34M/3E7GMJ5>. Acesso em: 03 jul. de 2023.
- BOSSLE, R. C. **QGIS e geoprocessamento na prática.** 2ª ed. São José dos Pinhais. Edição do autor, 2017.
- BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Gerenciamento do Risco de Fauna (MCA 3-8).** Brasília, 2017.
- BRASIL. CENIPA, **Anuário de Risco de Fauna.** 2022. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/prevencao/risco-de-fauna/anuario-de-risco-de-fauna> Acesso em: 04 jul. de 2023.
- BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Academia da Força Aérea. **Identificação do Perigo de Fauna.** Pirassununga, 2022.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Portaria AFA Nº 185/SUBCMDO-CCAER. **Manual do Cadete da Aeronáutica.** Boletim Ostensivo, Pirassununga, SP, 2023.
- BRASIL. Ministério da defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea.** Pirassununga, 2024.
- CLEARY, E. C.; DOLBEER, R. A. **Wildlife hazard management at airports, a manual for airport personnel.** Second edition. U.S.Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Airport Safety and Standards. Washington, D.C., 2005 Disponível em: [https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=icwdm\\_usdanwrc](https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1127&context=icwdm_usdanwrc) Acesso em: 04 jul. de 2023.
- DOLBEER, R. A. **Height Distribution of Birds Recorded by Collisions with Civil Aircraft.** Journal of Wildlife Management, v. 70, n. 5, p. 1345-1350, 2006
- DOLBEER, R. A. Bird Damage to Turbofan and Turbojet Engines in Relation to Phase of Flight – Why Speed Matters. **Bird and Aviation**, vol. 27, no. 2, 2007, p.1-9
- ESCHENFELDER, P. Mandatory Strike Reporting: The Time has Come (2002). **International Bird Strike Committee.** Sacramento, CA., 2002. Disponível em: [https://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2002/2?utm\\_source=digitalcommons.unl.edu%2Fbirdstrike2002%2F2&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://digitalcommons.unl.edu/birdstrike2002/2?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fbirdstrike2002%2F2&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages) Acesso em: 03 jul. de 2023.

GUIMARÃES, D. P.; PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C. 2012. **Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental**. Circular Técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 183, p. 1-20. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/953711/1/circ183.pdf> Acesso em: 13 abr. de 2024.

LOPEZ-LAGO, M.; Casado, R.; Bermudez, A.; Serna, J. A predictive model for risk assessment on imminent Bird strikes on airport areas. **Aerospace Science and Technology**, v. 62, p. 19–30, 2017.

MARQUES, R. J.; COSTA SOBRINHO, W. F. R. D. Detecção das ocorrências de focos de queimadas e produção de mapas de calor em Timon, MA. **Revista Geonorte**, [S.L.], v. 11, n. 37, p. 210-228, 15 jul. 2020. Revista Geonorte. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21170/geonorte.2020.v.11.n.37.210.228>.

MENEZES, P.M.L.; FERNANDES, M.C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.; OLIVEIRA, R. R. M. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, p. 250–264, 4 jun. 2018. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1839/482482599> Acesso em: 13 abr. de 2024.

SOUZA, N. P.; SILVA, E. M. G.C; TEIXEIRA, M. D; LEITE, L. R; **Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.28.09/doc/p1135.pdf> Acesso em: 11 ago. de 2023.

SUHETT, R. C. **Perigo de Fauna na Academia da Força Aérea: O Perigo Representado por Aves**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea) - Academia da Força Aérea, Pirassununga, São Paulo, 2015.

THORPE, J. Fatalities and Destroyed Civil Aircraft Due Bird Strikes, 1912-2002. **International Bird Strike Committee**. Varsóvia, 2003. Disponível em: [https://www.ecirtam.net/autoblogs/autoblogs/frglobalvoicesonlineorg\\_0e319138ab63237c2d2aef84b4cb506d936eab8/media/0b84ca6f.IBSC2620WPSA1.pdf](https://www.ecirtam.net/autoblogs/autoblogs/frglobalvoicesonlineorg_0e319138ab63237c2d2aef84b4cb506d936eab8/media/0b84ca6f.IBSC2620WPSA1.pdf) Acesso em: 04 jul. de 2023.