

A INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DO TRÁFEGO NO RISCO DE COLISÃO COM AVES: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A OPERAÇÃO DO T-25 E T-27M NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA¹

THE INFLUENCE OF TRAFFIC SPEED ON THE RISK OF COLLISION WITH BIRDS: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE OPERATION OF THE T-25 AND T-27M AT THE AIR FORCE ACADEMY

Maria Carolina Araújo Brandão²

Júlio César Noschang Júnior³

RESUMO

Dentre as diversas ocorrências na aviação, as colisões com aves constituem um impacto significativo tanto na aviação civil, quanto militar. Desde o início da história da aviação, o estudo de fatores envolvidos em acidentes tornou-se fundamental para a prevenção de acidentes aeronáuticos. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência da velocidade durante o tráfego das aeronaves de instrução da Academia da Força Aérea no risco de colisões com aves. A pesquisa é de natureza quantitativa, realizada a partir de uma análise dos dados de ocorrência e do tempo de exposição. Para isso, foi realizada uma comparação entre a operação das duas aeronaves para que fossem identificados padrões e diferenças nas ocorrências, com ênfase nas velocidades mantidas durante a permanência no circuito de tráfego. Para tanto, este estudo teve como objetivos específicos analisar o número de ocorrências em cada setor de instrução, e relacionar essas ocorrências ao tempo de exposição ao risco. Com base em dados do Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA), referentes ao período de 2019 a 2021, foi realizada uma investigação sobre a exposição ao risco durante as fases de voo em baixas altitudes. A pesquisa apontou, portanto, que a velocidade mantida durante o circuito de tráfego eleva o fator de risco de colisões com aves, resultando em maior índice na operação aérea do T-27M.

Palavras-chave: Colisões com aves; exposição ao risco; velocidade; segurança de voo; instrução aérea.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviadora do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

³ Tenente Coronel Aviador Julio Cesar Noschang Junior possui Bacharelado em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (2003). Especialização em História Militar (UNISUL 2011) e em Gestão Pública e Emprego da Força Aérea (UNIFA 2014). Mestre em Ciência Política e Relações Internacionais (UNIFA 2018) e doutorando em Ciências Aeroespaciais (UNIFA). E-mail institucional: noschangjcnj@fab.mil.br.

ABSTRACT

Among the various occurrences in aviation, bird strikes have a significant impact on both civil and military aviation. Since the inception of aviation history, the study of factors contributing to accidents has become crucial for preventing aircraft accidents. In this context, this research has a general objective of analyzing the influence of speed on the risk of bird strikes during Air Force Academy training aircraft traffic. To this end, a comparison was made between the operation of the two aircraft to identify patterns and differences in the occurrences, with emphasis on the speeds maintained during the time spent in the traffic circuit. To this end, this study had the specific objectives of analyzing the number of occurrences in each training sector and relating these occurrences to the time of risk exposure. Based on data from the Avian Risk Management System (SIGRA), covering the period from 2019 to 2021, an investigation was conducted into exposure to risk during flight phases at low altitudes. The research therefore showed that the speed maintained during the traffic circuit increases the risk factor for collisions with birds, resulting in a higher index in the T-27M's air operation. The research is quantitative, carried out based on an analysis of occurrence data and exposure time.

Keywords: Bird strikes; risk exposure; speed; flight safety; flight instruction.

INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea possui por um de seus objetivos a formação dos futuros oficiais da Força Aérea Brasileira, desenvolvendo aspectos profissionais capacitantes para formar os líderes de uma moderna Força Aérea.

A atividade aérea na AFA ocorre por meio de instruções didáticas tanto em voo de treinamento em simuladores quanto nas aeronaves de instrução (T-25 e T-27M). Essas atividades incluem avaliações contínuas com o objetivo de qualificar os cadetes como pilotos militares ao final da formação. As instruções aéreas são ministradas pelos Esquadrões de Instrução Aérea (EIA). No caso do 1º EIA, os voos de instrução são classificados como “Estágio Básico”, realizados com os cadetes do 4º ano na aeronave T-27M (EMB-312M). No 2º EIA, a instrução é focada no desenvolvimento primário dos cadetes na aeronave T-25 (Brasil, 2024b).

A instrução aérea no T-27M segue os parâmetros estabelecidos pelo Manual de Procedimentos (MAPRO) quanto às características do perfil de tráfego realizado na AFA (Brasil, 2024d; Brasil, 2024e). Esses parâmetros estão relacionados às condições de segurança e eficiência para a operação da aeronave, estabelecendo velocidades, altitudes, inclinações e ações de emergências que devem ser adotadas pelo piloto em caso de anormalidade. A necessidade de padronização da atividade aérea baseia-se no nível de complexidade dos voos, principalmente das

instruções realizadas na AFA. Esse fato ocorre em razão das características da operação na AFA, que envolve, além da inexperiência do piloto em aprendizagem, a saturação de aeronaves, as condições meteorológicas e outros fatores que podem comprometer a segurança de voo (Brasil, 2024c). Dessa forma, segundo o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da AFA (PPAA 2023-2024), é necessário o estudo para identificar quais são os fatores que podem contribuir para a ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos na AFA (Brasil, 2023b).

De maneira complementar, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) destaca que a melhoria da segurança operacional na aviação depende de variáveis que vão além da identificação dos fatores de risco, como, por exemplo, mudanças comportamentais e aprofundamento no conhecimento acerca do ambiente operacional. Nesse contexto, pode-se considerar a abordagem proposta pelo autor de *Managing the Risks of Organizational Accidents*, James Reason (1997), que defende a perspectiva de que os acidentes não ocorrem em razão de uma falha isolada, mas engloba uma combinação de variados e distintos fatores que apontam para falhas presentes ao longo de um determinado sistema. Segundo a visão de Reason, a análise dos riscos vai além da superfície dos eventos, envolvendo também o contexto organizacional, os processos decisórios que permitem o alinhamento das falhas e que possibilitam a ocorrência de acidentes. Dessa forma, a gestão da segurança está relacionada com a análise e identificação de múltiplas barreiras de defesa e um estudo dos fatores de risco é fundamental para fortalecer um sistema organizacional (Reason, 1997).

Alinhado a essa perspectiva, o Brasil adota o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). O SIPAER compreende um conjunto de órgãos, normas e procedimentos voltados à prevenção de ocorrências aeronáuticas, buscando identificar os fatores contribuintes antes que resultem em um acidente. Possui, dentre suas filosofias, a ideia de que “todo acidente tem um precedente”. Essa filosofia enfatiza que o estudo e a avaliação eficaz exige uma atuação contínua na identificação de riscos para ampliar a eliminação de vulnerabilidades onde cada ocorrência é vista como uma oportunidade de melhoria do sistema. Além disso, a filosofia mencionada aponta para uma necessidade de consideração de acidentes anteriores como forma de prevenção, tendo em vista que fatores, já manifestados anteriormente, podem ser corrigidos (CENIPA, 2022; Brasil, 2022a).

Segundo as pesquisas realizadas, tanto por meio do Painel SIPAER, quanto por meio de artigos como o de Richard A. Dolbeer (2006), o grande índice de ocorrências envolvendo colisões com aves deu origem à necessidade de investigar os fatores envolvidos nesses casos a fim de minimizá-los. Embora estudos dessa área permitam a conclusão de que a maior parte das colisões

com aves ocorre em baixas altitudes, esse assunto não é investigado amplamente no contexto das operações das aeronaves de instrução da AFA, restringindo-se apenas às operações civis (Painel SIPAER). Além disso, vale ressaltar a importância de investigar os fatores que podem causar maior índice de ocorrência em algum dos setores de operação, seja do T-25, seja do T-27, focando em características específicas de cada operação, como a velocidade mantida por cada aeronave, principalmente a baixas altitudes, com a finalidade de complementar os estudos já existentes acerca de colisões com aves.

De acordo com os dados do Painel SIPAER, um dos principais tipos de ocorrência na aviação civil nos últimos 10 anos foi a colisão com aves. Esse fenômeno gera impactos diretos na segurança das operações aéreas, resultando em danos materiais consideráveis e, em casos mais graves, em perdas de vidas humanas (Painel SIPAER, 2024). No contexto das operações da aeronave T-27M, o risco de ocorrência envolvendo aves é potencializado por características operacionais específicas, como, por exemplo, a velocidade durante os voos de instrução. A *Advisory Circular AC 90-48D* da *Federal Aviation Administration* (FAA) aponta que o tempo médio de reação de uma pessoa em situações de colisão iminente é de aproximadamente 12,5 segundos (Duncan, 2016). Em velocidades elevadas, esse intervalo pode ser insuficiente para evitar o impacto, considerando o tempo necessário para perceber o perigo e iniciar uma ação evasiva. Assim, a combinação entre velocidade operacional elevada e a presença de fauna na área de voo representa um risco significativo (Brasil, 2017; Bruno; Barreto, 2016).

Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a influência da velocidade durante o tráfego das aeronaves de instrução utilizadas na AFA, T-25 e T-27M, no risco de colisões com aves durante as missões de instrução. O foco da pesquisa no circuito de tráfego é explicado pela concentração de ocorrências nesta fase do voo, identificada a partir de análise dos reportes de eventos de interesse com fauna em aeródromos referentes ao período de 2019 a 2021. Este trabalho busca responder à seguinte pergunta: **Qual é a influência da velocidade durante o tráfego das aeronaves de instrução T-25 e T-27 no risco de colisões com aves durante as missões de instrução na Academia da Força Aérea?**

Para responder à pergunta, este estudo possui os seguintes objetivos específicos: comparar as características operacionais dos tráfegos das aeronaves T-25 e T27M, com ênfase nas respectivas velocidades; e relacionar o número de ocorrências envolvendo fauna ao tempo de exposição ao risco.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. TEORIAS DA SEGURANÇA DE VOO

Segundo Metz *et al.*(2020), as colisões com aves acompanham o histórico da aviação desde 1975. Embora haja constante desenvolvimento da tecnologia e aprimoramento de estratégias de mitigação de riscos, as colisões permanecem presentes como ameaças constantes em operações aéreas. As consequências desse tipo de colisão podem envolver danos estruturais leves ou até mesmo falhas catastróficas nos sistemas da aeronave, o que pode comprometer a segurança dos tripulantes e passageiros, no caso da aviação civil, além de causar letalidade das aves envolvidas.

Inicialmente, os modelos desenvolvidos para análise de acidentes eram aplicados ao setor industrial e focados na proteção dos trabalhadores por meio da prevenção de condições inseguras. Posteriormente, ampliou-se esse conceito para a avaliação de ações inseguras e, nesse contexto, em 1931, Heinrich desenvolveu o modelo dos dominós (Iida, 2005). Esse modelo explica os acidentes de trabalho a partir de uma sequência de eventos interligados. O modelo dos dominós foi então reinventado por Reason que expandiu esse conceito criando o modelo do “Queijo Suíço”, que hoje é aplicado à segurança de voo, tanto civil quanto militar. (Leveson, 2011).

O desenvolvimento da segurança de voo no Brasil iniciou-se a partir de 1908 por meio da investigação de um acidente que envolveu um balão de ar quente, no Campo dos Afonsos. Nesse cenário, surgiram as primeiras recomendações de segurança a partir da identificação de falha técnica em um válvula, que gerou sua substituição. Em 1920, as investigações de acidentes eram focadas na responsabilização por meio de inquéritos. Já em 1941, houve a criação do Ministério da Aeronáutica, que permitiu a unificação das atividades. A partir de 1951 surge o SIPAER ainda com a instauração de inquéritos para responsabilização de culpados, que só foram substituídos pela investigação de fatores contribuintes em 1971 (Braga, 2024).

A incidência de colisões entre aeronaves e fauna, especificamente aves, pode ser influenciada por uma combinação de fatores operacionais, ambientais e biológicos, que tornam mais complexa a sua completa mitigação. Ainda segundo Metz *et al.* (2020), elementos como a proximidade de habitats naturais dos aeródromos, horário de maior atividade das aves, velocidade durante decolagem e aproximação e características específicas das aeronaves contribuem significativamente para a ocorrência desses eventos. Portanto, a compreensão desses fatores é essencial para a formulação de estratégias de mitigação mais eficazes e para o fortalecimento da

segurança operacional. Dessa forma, esta pesquisa fundamenta-se em conceitos relacionados aos fatores de risco de colisões com aves nas operações, com ênfase na aplicação desses conceitos ao tempo de exposição e velocidade de operação, especificamente durante os voos de instrução na AFA.

No desenvolvimento deste estudo, foi adotado como referencial metodológico o modelo de Causalidade de Acidentes, proposto por James Reason, também conhecido como “Modelo Queijo Suíço” (Sumwalt, 2018; Reason, 1990). Em seu modelo, Reason utiliza o conceito do “Queijo Suíço” para ilustrar como as camadas de defesa de uma organização podem ser perfuradas por falhas que se alinham. A aplicação desse conceito à aviação ressalta a importância de considerar que um acidente não é causado por um erro único ou isolado, mas pela combinação de falhas que podem, inclusive, estar ocultas em um sistema ou organização, no caso deste estudo, na operação das aeronaves.

Nesse contexto, iniciou-se o estudo de sistemas complexos, onde falhas isoladas, embora presentes, não causam problemas significativos. Segundo a teoria de Reason, os acidentes são considerados resultados de combinações entre falhas latentes e falhas ativas (CENIPA, 2023). Dessa forma, um fator isolado não seria causa resultante de um acidente, mas sim a união de vários fatores.

Para compreender a relevância do estudo das colisões com fauna na aviação, é essencial considerar o papel dos sistemas de coleta e análise de dados de segurança operacional. No Brasil, destaca-se o Painel SIPAER, ferramenta disponibilizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), que apresenta informações sobre ocorrências aeronáuticas registradas em território nacional, a partir de relatos de pessoas envolvidas. O Painel SIPAER fornece acesso público a dados sobre ocorrências aeronáuticas no Brasil. A plataforma compila informações extraídas do SIPAER, permitindo a visualização interativa de estatísticas relacionadas a acidentes, incidentes e outros eventos reportados. Por meio de filtros como tipo de operação, tipo de ocorrência, fase de voo, tipo de aeronave e localização, o painel permite a análise detalhada de tendências e padrões associados à segurança de voo. Essas informações são fundamentais para subsidiar estudos técnicos, desenvolver políticas de prevenção e fortalecer a cultura de segurança operacional no ambiente aeronáutico brasileiro.

O referencial adotado para a análise das características operacionais é o estudo realizado por Nancy Leveson (2011) em sua obra *Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety*.

Leveson aborda o conceito de sistemas complexos como sendo formados por múltiplos componentes técnicos, humanos e organizacionais que interagem de forma dinâmica. Segundo Leveson (2011), os sistemas complexos são caracterizados por alta interdependência e não podem ser compreendidos apenas pela análise isolada de seus elementos; sua segurança e desempenho resultam do funcionamento conjunto de todos os seus componentes. A instrução aérea realizada na AFA se enquadra nessa definição por envolver a integração simultânea de aeronaves, pilotos em formação, instrutores, procedimentos operacionais, dentre outras características específicas. Vale ressaltar que a definição de sistemas complexos, conforme mencionado no trabalho de Leveson, também foi abordada por Reason, ao considerar que falhas isoladas não resultam em problemas significativos, quando em um sistema complexo, no qual estão envolvidos diversos fatores operacionais.

Ao considerar a atividade aérea como um sistema complexo, foi adotado o modelo STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes), também desenvolvido por Leveson, que propõe uma forma de analisar a segurança em sistemas complexos, deixando de analisar apenas componentes individuais, mas focando no controle das interações entre os elementos do sistema. Dessa forma, na instrução na AFA, cada aeronave possui suas características de operação, que podem ser ainda mais específicas quando se analisa um período ou fase determinada do voo. Foi analisada, portanto, a interação entre os principais fatores identificados como contribuintes para a ocorrência de colisão com aves.

O conceito de sistema complexo também está associado ao modelo de causalidade de acidentes de Reason, no modelo do queijo suíço, que é uma metáfora que descreve como a combinação de falhas latentes e ativas, ao se alinharem, prejudicam e perfuram as camadas de defesa de uma organização. O modelo de Reason é aplicado neste trabalho de forma a deslocar o foco de uma possível culpa individual para uma análise ampla das vulnerabilidades. Neste contexto, as aeronaves de instrução T-25 e T-27M possuem particularidades operacionais a serem avaliadas como fatores contribuintes na ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos.

1.2. RISCO DE FAUNA NA AFA

O artigo *The Bird Strike Challenge*, de Metz *et al.*(2020) aponta que a maior parte das colisões com aves ocorre abaixo de 3000 ft AGL, com a maioria da concentração de ocorrências nas fases de decolagem e pouso, em virtude da maior vulnerabilidade das aeronaves a baixas altitudes. De maneira complementar, Richard A. Dolbeer (2006), destaca em seu artigo que dentre 38.961 relatos de colisão com ave na aviação civil dos Estados Unidos entre 1990 e 2004, 74% das colisões ocorreram abaixo de 500 ft com relação ao solo. Dessa forma, a tendência observada indica que as ocorrências de colisões com aves estão concentradas em voos a baixas altitudes, que serão foco da abordagem desta pesquisa no que tange ao aspecto de fase de voo com maior incidência de colisões.

No T-27M, operado pelo 1º EIA, o retorno das áreas de instrução é realizado por meio da área denominada “Tobogã”, devendo ser mantida uma altitude de 4000 pés durante o ingresso. Os parâmetros operacionais estabelecidos para a descida incluem uma velocidade de 180 nós e uma razão de descida de 1000 pés por minuto. A depender do tipo de tráfego, essas referências podem variar: em tráfegos do tipo pilofe, é exigida a manutenção de 3000 pés de altitude e 180 nós. Já no caso de pouso direto, o perfil de voo prevê uma altitude ainda mais baixa, de 2700 pés, adequada à aproximação final. Em relação ao T-25, o regresso é realizado por meio da área “Portal”, sendo recomendável o ingresso preferencialmente a 3000 pés de altitude e 100 nós de velocidade (Brasil, 2024d; Brasil, 2024e).

De acordo com a *Advisory Circular*, publicada pela FAA, o tempo médio de reação do piloto diante de uma ameaça de colisão envolve etapas como detecção visual, reconhecimento do risco, tomada de decisão e execução da manobra evasiva, podendo totalizar cerca de 12,5 segundos (Duncan, 2016). A velocidade da aeronave é um fator determinante nesse contexto, pois define quanto espaço é percorrido durante esse tempo de resposta, influenciando diretamente a margem de segurança disponível. A circular AC 90-48D ressalta que o tempo de reação estimado de 12,5 segundos pode se prolongar consideravelmente em ambientes operacionais complexos, como é o caso de voos de instrução. Durante essas missões, o piloto executa múltiplas tarefas simultaneamente, o que aumenta a carga cognitiva e reduz sua capacidade de perceber e responder rapidamente a ameaças imprevistas, como a presença repentina de fauna na área de tráfego.

2 METODOLOGIA

2.1 ABORDAGEM GERAL

Esta pesquisa, quanto aos seus objetivos, pode ser classificada como explicativa por buscar compreender de que maneira a velocidade mantida por cada aeronave e o período de exposição no circuito de tráfego influenciam no risco de colisões com aves nos voos de instrução da AFA. Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, baseada em artigos científicos sobre segurança operacional e nos dados fornecidos pelo Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário (SIGRA), além da análise de dados das horas de voo da AFA, com a finalidade de identificar o tempo de exposição ao risco. A pesquisa é de natureza quantitativa por envolver a análise de dados numéricos a respeito de ocorrências relacionadas à colisão com aves na AFA, por meio dos relatórios preenchidos pelos pilotos. Além disso, foram realizadas comparações entre informações como a frequência de colisões com aves e o tempo de permanência das aeronaves no circuito de tráfego, além de analisar os parâmetros mantidos pelas respectivas aeronaves no momento das colisões.

Dentre diversos fatores analisados, tratou-se do tráfego, a fase de voo com maior incidência. A finalidade foi identificar as maiores tendências de ocorrência, a partir de relatos do SIGRA na análise no âmbito militar e dados fornecidos pelo Painel SIPAER para aviação civil.

Neste trabalho, foi analisado o contexto da instrução aérea na Academia. Considerando que o maior índice de ocorrências está concentrado durante a permanência das aeronaves no circuito de tráfego conforme identificado a partir dos relatórios de eventos de interesse com fauna em aeródromos militares, foi analisado ainda o período em que as aeronaves de instrução da AFA se mantiveram nesse perfil de voo. Essa análise se relaciona ao conteúdo apresentado pelo Manual da ANAC (2022), que indica que a probabilidade de ocorrência de impacto entre aves e aeronaves está associada à frequência de exposição das aeronaves às aves. Ou seja, o risco de ocorrência aumenta conforme o período em que a presença de aves e aeronaves coincidem.

2.2 QUANTO AO LEVANTAMENTO DE DADOS

Inicialmente, foram levantados dados acerca dos principais tipos de acidentes e incidentes aeronáuticos ocorridos no Brasil, nos últimos 10 anos. Foram de extrema relevância as revisões

bibliográficas através do artigo de Metz *et al.*(2020), que apontou para um histórico de ocorrências relacionadas às colisões com aves, desde o início da história da aviação.

Vale ressaltar que o Painel SIPAER, segundo o CENIPA, é alimentado diariamente, de forma contínua, com as ocorrências notificadas no SIREP (Sistema de Reporte de Ocorrências Aeronáuticas). Considerando essa atualização constante, os dados analisados foram referentes aos últimos 10 anos, com início no ano de 2015 e término das análises no dia 29 de abril de 2025.

Ao acessar a página virtual do Painel SIPAER, a plataforma fornece opções de pesquisa. A opção selecionada foi “Operações Aéreas”, onde são detalhadas as ocorrências nas operações, sendo divididas por localidades, tipos de operação e tipos de ocorrência, por exemplo.

2.3 QUANTO À ANÁLISE DE RELATÓRIOS

A análise da densidade de ocorrências de colisão com aves na AFA foi realizada por meio do sistema SIGRA, com o objetivo de identificar, de forma geral, qual dos Esquadrões de Instrução da AFA apresentou maior índice de colisões no período analisado. A partir dessa identificação, buscou-se estabelecer um estudo de quais seriam os fatores contribuintes para maior índice em determinado setor.

Para a análise de voos especificamente militares, foram analisados os relatórios referentes ao período de 01/01/2019 a 31/12/2021. O período selecionado apresenta dados de coleta concluída, referentes a três anos de operação aérea na AFA. Esse intervalo foi selecionado em virtude da limitação de acesso aos dados dos voos realizados no 1º e no 2º EIA, que foram analisados em paralelo para considerar diferentes indicadores na pesquisa, como o tempo de exposição ao risco de colisão de cada aeronave de instrução da AFA.

Foram considerados exclusivamente os reportes do tipo “colisão”, de forma a concentrar a pesquisa em eventos em que, de fato, houve choque entre aves e as aeronaves. Essas ocorrências, em alguns casos, geraram efeitos para o voo, como pouso de precaução ou apagamento do motor.

Um fator relevante a ser considerado ao longo do desenvolvimento desta pesquisa é o caso de subnotificação com relação às ocorrências com aves. Apesar de serem situações de perigo, não há registro formal em todos os casos de incidentes. Esse fato pode ocorrer por diferentes motivos, como percepção de que não houve dano significativo, por não haver efeitos claros no voo, entre outros (Bruno; Barreto, 2016). A existência da subnotificação afeta, de certa forma, a precisão dos dados utilizados para a gestão de risco aviário. Segundo o estudo realizado por Farias, Almeida e

Santos (2019), foi analisado o quantitativo tanto de reportes quanto de ocorrências nos anos de 2007 a 2016. Os resultados indicaram que a quantidade de reportes diminuiu no referido período, sem que houvesse uma queda proporcional na quantidade real de incidentes ocorridos. Essa discrepância evidencia que, embora ainda haja ocorrências, não há devida notificação. A partir dessa limitação estatística, neste trabalho foram considerados os casos de colisão, tendo sido excluídos os de quase colisão e avistamento, tendo em vista que as colisões possuem maior probabilidade de serem reportadas através dos sistemas de gerenciamento de segurança operacional.

Para seleção adequada das informações por meio do SIGRA, selecionou-se primeiramente o período analisado, tendo como data inicial 01/01/2019 e data final 31/12/2021. O aeródromo selecionado foi SBYS e o tipo de reporte, colisão. A plataforma oferece a opção de escolha de critérios de análise adicionais. Foi selecionado, nessa opção, tipo de aviação como Força Aérea Brasileira e como Operador, separadamente, 1º EIA AFA e posteriormente, 2º EIA AFA.

2.4 QUANTO ÀS AERONAVES

As aeronaves avaliadas nesta pesquisa foram o T-25 e T-27M, pertencentes ao 2º e 1º EIA respectivamente. Essa escolha se justifica pela semelhança entre as características de operação com relação ao circuito de tráfego realizado na AFA, permitindo ênfase em suas diferenças, como a velocidade mantida por cada aeronave.

Para a análise das características específicas do T-25, foi utilizado o Manual de Procedimentos de 2025 da AFA. Embora os dados coletados sejam referentes ao período de 2019 a 2021, cabe ressaltar que os parâmetros mantidos pelas aeronaves durante o tráfego permanecem os mesmos. Neste caso, o manual é exclusivamente voltado para padronizações operacionais no 2º EIA. Para a aeronave T-27M, foi utilizado como referência o Manual de Procedimentos específico para o 1º EIA. Foram considerados apenas parâmetros estabelecidos para cada aeronave durante a permanência no circuito de tráfego, visando direcionar os estudos para a fase com maior incidência de colisão, já que o circuito de tráfego inclui tanto a baixa altitude, quanto a decolagem, o pouso e a aproximação.

Para estimar a distância percorrida por cada aeronave durante o tempo médio de reação do piloto, foi utilizada a conversão de velocidade da unidade nó (kt) para metros por segundo (m/s), considerando que 1 nó equivale a aproximadamente 0,51444 m/s. Assim, a velocidade operacional do T-27M, padronizada em 180 nós, corresponde a cerca de 92,6 m/s, enquanto a do T-25, que

opera a 100 nós, equivale a aproximadamente 51,4 m/s. Multiplicou-se esse valor pelo tempo estimado de reação do piloto, de 12,5 segundos, conforme orientação da FAA, que considera o tempo necessário para detectar, processar e reagir a uma situação de risco iminente. Com isso, obteve-se que o T-27M percorre cerca de 1.157,5 metros nesse intervalo, enquanto o T-25 percorre 642,5 metros. Essa diferença foi utilizada como base para avaliar o impacto da velocidade operacional sobre a capacidade de resposta em cenários de risco, como colisões com aves durante o circuito de tráfego na instrução aérea na AFA.

2.5 QUANTO À CONCENTRAÇÃO DE AVES POR SETOR

Com a finalidade de estabelecer mais um critério de análise para fortalecer ainda mais o estudo acerca das colisões com aves na AFA, foi utilizado como referencial metodológico o relatório de Identificação do Perigo da Fauna (IPF) da AFA. Este relatório apresenta um diagnóstico detalhado sobre a presença e o comportamento da fauna nas áreas operacionais do aeródromo, com foco principal nas aves. Com base em levantamentos realizados ao longo de 12 meses e em dados do SIGRA, o documento identifica as espécies mais recorrentes, os focos atrativos e os setores com maior risco de colisões, conforme diretrizes do MCA 3-8 e da Resolução CONAMA nº 466/2015.

A metodologia adotada nesta parte do estudo consistiu em uma análise documental e comparativa, utilizando como principal fonte de dados o relatório de IPF elaborado pela AFA (Brasil, 2022b). Este documento foi escolhido por apresentar informações sobre a presença de aves nos setores operacionais do aeródromo, coletadas ao longo de um período contínuo de 12 meses, entre fevereiro de 2020 e janeiro de 2021. Embora o período adotado nas demais análises seja de 2019 a 2021, o relatório de IPF refere-se a um estudo específico conduzido pela Academia, fato que restringe suas análises em um período de 12 meses, que não abrange completamente o período adotado ao longo do trabalho. Os dados utilizados incluíram o número de contatos com aves por setor, informações do SIGRA, gráficos de abundância e riqueza, além da extensão das áreas operacionais de cada setor. Para análise da concentração de fauna, foram calculadas as densidades relativas de aves por hectare, desconsiderando registros de mamíferos, a fim de garantir foco específico na avifauna. O cálculo da densidade foi realizado por meio da divisão do número total de contatos com aves registrados em cada setor pela respectiva área operacional em hectares. Essa abordagem permitiu uma avaliação quantitativa e espacial da presença de aves nos setores leste e oeste da AFA.

2.6 QUANTO AO TEMPO DE EXPOSIÇÃO

O tempo de exposição ao risco é um fator determinante na avaliação da probabilidade de eventos adversos na aviação, especialmente no contexto de colisões com aves. De acordo com o Manual de Boas Práticas no Gerenciamento do Risco da Fauna da ANAC (Brasil, 2017), é importante considerar as características operacionais do aeródromo, como o tipo e volume de tráfego aéreo, que influenciam diretamente na exposição ao risco de colisões com fauna. Nesse cenário, após identificar a fase de voo em que a aeronave está mais suscetível ao risco, deve-se considerar também o período de exposição à fauna.

No caso das colisões com aves, esse tempo de exposição está diretamente relacionado à permanência da aeronave em altitudes mais baixas, próximas ao solo, onde há maior densidade de fauna.

Para a estimativa do tempo de exposição ao risco no circuito de tráfego, foram considerados os perfis operacionais das aeronaves de instrução da AFA, com base em suas velocidades padrão e distâncias percorridas. No caso da aeronave T-27M, adotou-se como referência a distância total do circuito de tráfego de 29,16 km. Essa distância foi calculada a partir da ferramenta Google Maps, que permite medições de distâncias. O cálculo da distância percorrida foi realizado a partir das padronizações estabelecidas pelo Manual de Procedimentos, considerando não somente a trajetória preconizada para o circuito de tráfego, mas também os parâmetros mantidos por cada aeronave.

Como a velocidade média do T-27M durante esse procedimento é de 180 nós (kt), a distância foi inicialmente convertida para milhas náuticas (NM), unidade utilizada na aviação, considerando, além disso, que 1 milha náutica equivale a 1,852 km. Com essa conversão, o tempo estimado de voo no circuito foi calculado por meio da fórmula: tempo = distância/velocidade. Nesse caso, o resultado obtido foi de 5 minutos e 15 segundos para o T-27M. Segundo o Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO), cada missão de tráfego realizada tanto no 1º EIA, quanto no 2º EIA possui um tempo de duração estimado de 1 hora (Brasil, 2024a). Em virtude da ausência do tempo real de duração do voo no banco de dados utilizado, foi adotado como referência o tempo previsto de duração. Considerando-se uma missão padrão com 10 pousos previstos para o 2º EIA e 9 pousos para o 1º EIA, estima-se que cada voo completo demande, em média, aproximadamente 60 minutos, valor também adotado como referência nas análises, exclusivamente para o cálculo do tempo de exposição em missões de tráfego. Além do cálculo de trajetória por

meio do Google Maps, foi utilizada a ferramenta FlightRadar24 para avaliar o tempo de permanência da aeronave T-27M em altitudes iguais ou inferiores a 3000ft, desde a saída do tráfego até o retorno para pouso. A utilização de ferramentas distintas para cada aeronave é justificada pela ausência do sistema ADS-B no T-25. Esse sistema permite que a aeronave transmita automaticamente sua posição, altitude e velocidade para estações em solo, possibilitando que seja identificada por radares civis e por ferramentas de rastreamento, como no caso do T-27M. Nesse caso, foi obtido um resultado estimado de 1 minuto, adotado como referência para o cálculo do tempo total de exposição ao risco. Para a fase de subida após a decolagem, foi considerada a velocidade de 130kt, conforme MAPRO. Para o percurso calculado para o T-27M durante o regresso para pouso, foi considerado como posição inicial o início do enquadramento para a proa 155° ou 060°, de acordo com a pista em uso. Essa escolha se deve ao fato de que a partir desse momento, a aeronave abandona a altitude de 4000 ft e assume 3000 ft para o início do circuito de tráfego (Brasil, 2024d).

Analisou-se também o perfil da aeronave T-25, cuja distância total no circuito de tráfego também foi medida via Google Maps, resultando em aproximadamente 21,72 km. Essa distância foi calculada considerando como ponto inicial a posição de Areal e como posição final, o pouso, considerando uma velocidade média de 100 kt. A distância encontrada para a realização do circuito de tráfego exclusivamente foi de 14,95 km, resultando em um tempo de permanência de 5 minutos e 23 segundos para o T-25. Foi observado que, diferentemente do T-27M, a velocidade mantida durante a subida no T-25 é de 90 kt, com razão de subida de 500 ft por minuto, tendo como tempo aproximado total a 3000 ft ou abaixo, 2 minutos. Foram consideradas as horas de voo na instrução aérea da AFA, como forma de calcular com precisão o tempo de permanência total no circuito de tráfego por cada aeronave.

A partir das medições realizadas por meio das ferramentas Google Maps e FlightRadar24, foi possível estimar as distâncias percorridas no circuito de tráfego pelas aeronaves T-27M e T-25, utilizadas nos voos de instrução. Com base nessas distâncias e nas velocidades estabelecidas, foram calculados os tempos médios de exposição de cada aeronave durante a realização do circuito.



Figura 1

Fonte: elaboração própria a partir do Google Maps

A partir da distância evidenciada na Figura 1, foi calculado o tempo de permanência no circuito de tráfego pelo T-27M, que arredondado para 6 minutos, coincide com o tempo aproximado de permanência do T-25.

Observou-se também que o T-25 percorre uma distância adicional em baixa altitude durante o retorno para pouso, totalizando 21,72 km, o que corresponde a 11,73 NM. Considerando essa distância total em altitude inferior a 3.000 pés e mantendo a mesma velocidade, o tempo estimado de exposição é de 7 minutos e 2 segundos, tempo arredondado para 7 minutos para os cálculos realizados no trabalho. Esses tempos estimados de voo oferecem uma base inicial para análise da exposição ao risco de colisão com aves, pois representam o intervalo em que as aeronaves permanecem no circuito de tráfego e em baixas altitudes.

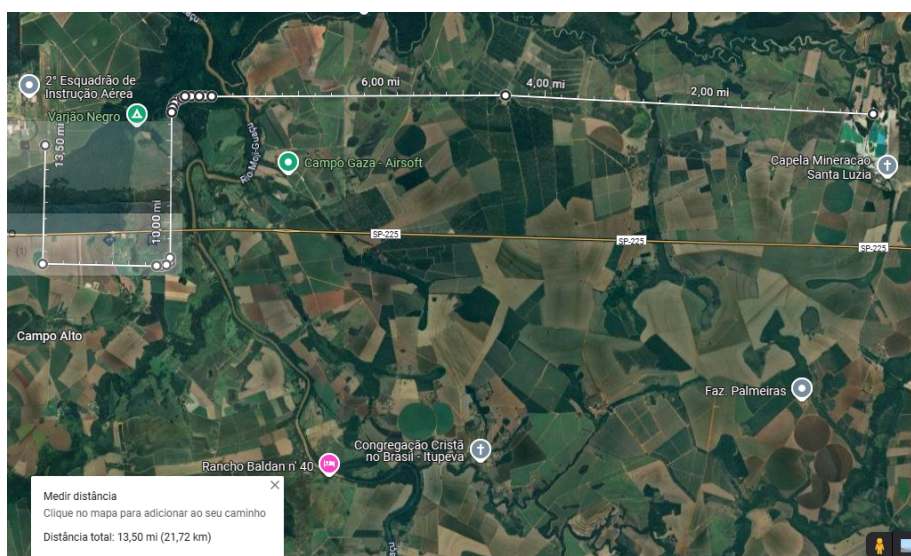


Figura 2

Fonte: elaboração própria a partir do Google Maps

A realização dos cálculos para o tempo de exposição baseou-se na seguinte fórmula matemática: $1' + 4'' + [(n^\circ \text{ de pousos} - 1) \times 5'15''] \times n^\circ \text{ de missões}$. Os valores estão de acordo com o quadro 1 e com a tabela 1, aplicando os tempos referentes à permanência do T-27M em altitudes inferiores a 3000 ft, inclusive. Considera-se que o circuito completo de tráfego, que compreende os procedimentos de aproximação, pouso, arremetida e circuito, somente ocorre a partir do segundo pouso realizado na missão. Isso porque, no primeiro pouso, o tráfego ainda não foi efetivamente estabelecido. Assim, o tempo de 5 minutos e 15 segundos representa a duração média de um circuito completo e só deve ser contabilizado para cada pouso subsequente. Dessa forma, a fórmula contempla apenas os tráfegos efetivamente executados. Da mesma forma foi realizado o cálculo para o T-25, entretanto, com os seguintes valores: $2' + 7'' + [(n^\circ \text{ de pousos} - 1) \times 5'23''] \times n^\circ \text{ de missões}$. Para as missões exclusivamente de tráfego, foi utilizado para os cálculos o tempo total previsto para a missão, totalizando 60 minutos. Ressalta-se que, em missões cujo perfil não são exclusivamente de tráfego, não foi considerado o tempo de arremetida no ar em virtude de ausência dessa informação no banco de dados. Considera-se ainda que, em virtude de erros no lançamento das horas de voo, os dados com irregularidade foram excluídos desta pesquisa, de forma que a amostra analisada não incluía a totalidade de voos realizados entre os anos de 2019 e 2021. Vale ressaltar que as referidas irregularidades estavam relacionadas a erros de lançamento das informações, nos quais determinados dados foram inseridos em campos incorretos, não

correspondendo à realidade. Tais inconsistências comprometeriam a confiabilidade da análise e, por esse motivo, optou-se pela exclusão desses registros.

Quadro 1 Parâmetros adotados para o cálculo do tempo de exposição

Objetivo de análise	T-27M	T-25
Distância do circuito de tráfego	15,75 NM	8,07 NM
Tempo de realização de um circuito	6 minutos	6 minutos
Tempo abaixo de 3000ft, inclusive (decolagem)	1 minuto	2 minutos
Tempo abaixo de 3000ft, inclusive (regresso)	4 minutos	7 minutos
Total de pousos em uma missão de tráfego	9 pousos	10 pousos

Fonte: elaboração própria

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE AVES NOS SETORES OPERACIONAIS DA AFA

O resultado obtido do total de aves presentes no Setor E foi de 929, enquanto no Setor W, 882 aves. A partir disso, conclui-se que a análise dos relatórios apontou para uma concentração maior de aves no setor E, onde é operada a aeronave T-25. Vale ressaltar que as análises ocorreram em um período de amostragem de 12 meses, iniciado em fevereiro de 2020 e encerrado em janeiro de 2021.

Em seguida, para conferir mais confiabilidade à pesquisa, foi considerada a extensão da área operacional de cada setor para calcular a densidade por hectare. A área operacional é definida pela união de espaços e estruturas envolvidas nas operações aéreas, como, por exemplo, pistas de pouso e decolagem, pátios de movimentação e estacionamento. Dessa forma, deve-se considerar que, embora a quantidade de aves no setor E seja numericamente maior do que a do setor W, a área onde é operado o T-27M é de maior extensão, possuindo 197 ha, enquanto o Setor E possui 138 ha. A densidade de aves por hectare é maior no setor E, com um total aproximado de 6,73 contra 4,47 no setor W. Vale ressaltar que foram considerados apenas os dados relativos às quantidades de aves, excluindo os mamíferos.

Por fim, foi considerada a abundância de aves por setor, conforme apresentado no relatório da IPF. Com base nos gráficos de abundância e riqueza, o setor E apresentou, de forma geral, uma abundância ligeiramente maior de aves em comparação ao setor W durante o período de

amostragem. A soma desses fatores aponta, portanto, para uma maior concentração de aves no setor E em comparação ao setor W.

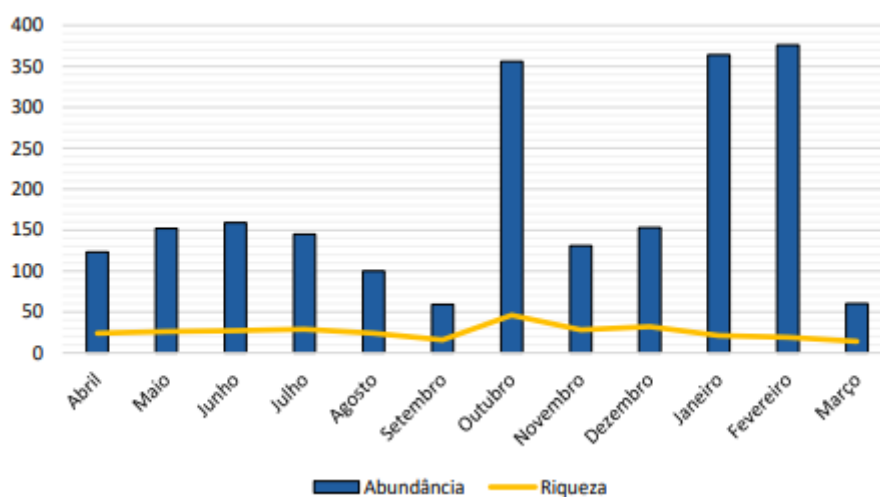


Gráfico 1

Fonte: relatório da IPF da AFA, figura 3. Abundância de fauna registrada no setor W.

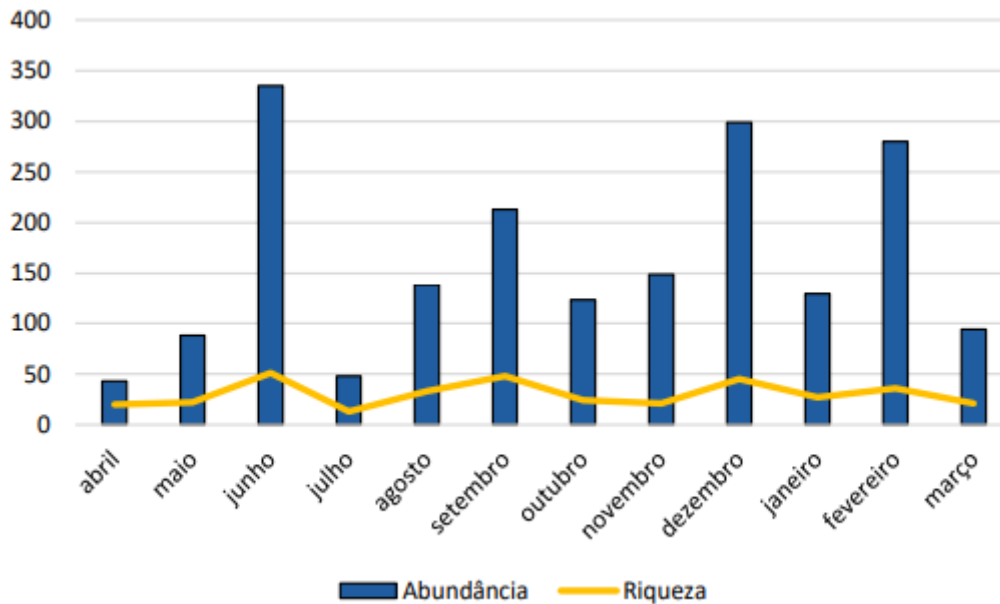


Gráfico 2

Fonte: relatório da IPF da AFA, figura 41. Abundância de fauna registrada no setor E.

Concluiu-se, portanto, de acordo com o relatório da IPF e Gráficos 1 e 2 de abundância de fauna, que a quantidade de aves no setor E é numericamente maior do que a do setor W. Mesmo considerando que a área de operação do T-27M é de maior extensão, o resultado indicou que a densidade de aves por hectare é maior no setor E, com um total aproximado de 6,73 contra 4,47 no setor W. Nesse caso, o fator concentração indicaria para um risco de colisão maior no setor E, do que no setor W.

3.2 DADOS DE OCORRÊNCIAS DE COLISÃO COM AVES NA AFA: COMPARAÇÃO ENTRE AS AERONAVES

O resultado obtido nessa parte da pesquisa apontou para um total de 10 colisões no período de 2019 a 2021, somente no 1º EIA, onde é operada a aeronave T-27M. Duas dessas colisões ocorreram em 2019, três em 2020 e cinco no ano de 2021. Com relação à fase de voo, houve três ocorrências durante o pouso, três durante a decolagem e três durante a aproximação final, com apenas uma ocorrência durante o táxi, o que aponta, novamente, para uma concentração massiva de ocorrências durante as fases em que a aeronave se encontra em baixas altitudes, como por exemplo no circuito de tráfego.

Da mesma forma, foi realizada a análise para o 2º EIA, operador da aeronave T-25, no mesmo recorte temporal. O resultado obtido foi de 4 ocorrências de colisão com aves, sendo uma no ano de 2020 e três em 2019. Duas dessas colisões foram durante a decolagem, uma durante o pouso e uma durante a fase de aproximação, novamente, com a concentração de ocorrências das fases de voo a baixas altitudes.

Concluiu-se, portanto, que no T-27M, o número de ocorrências foi maior, totalizando 10 colisões, enquanto o total para o T-25 foi de 4 ocorrências, em um mesmo período analisado. Ainda que o aspecto da concentração de aves por setor tenha apontado para maior risco no Setor E, foi observado maior índice de colisões no Setor W. Observou-se também que a fase de voo com maior incidência de colisões com aves envolve o deslocamento das aeronaves à baixas altitudes, principalmente abaixo de 3000 ft, direcionando o foco da pesquisa para o circuito de tráfego.

3.3 TEMPO DE EXPOSIÇÃO DE CADA AERONAVE

Além dos cálculos realizados para o tempo total de exposição com base na distância percorrida no circuito de tráfego, foi realizado um levantamento a partir de dados fornecidos pela AFA, contendo os registros dos voos de instrução realizados no período de 2019 a 2021. Os dados foram filtrados de forma que fosse avaliada a quantidade de pousos realizados em cada missão, classificados por aeronave, com a intenção de identificar o período em cada aeronave permaneceu exposta ao circuito de tráfego.

Tabela 1 Quantidade de pousos realizados por missão em cada aeronave

Nº de Pousos	Nº Voos T-27M	Nº Voos T-25
1	17.385	9.318
2	671	310
3	970	115
4	286	48
5	9	3
6	0	0
7	627	911
8	20	0
9	857	0
10	0	1.518

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

A partir de então, para considerar o tempo de exposição como mais um aspecto contribuinte para a confiabilidade das conclusões, foram realizados cálculos e medições que resultaram em estimativas de tempo, indicando por quanto tempo cada aeronave permanece exposta ao risco. De acordo com o quadro 1, ambas as aeronaves permanecem expostas por 6 minutos, considerando apenas o circuito de tráfego. Já em voos com apenas 1 pouso, o tempo de exposição é maior para o T-25, totalizando 9 minutos de permanência em altitudes iguais ou inferiores a 3000 ft, enquanto o T-27M permanece nessa situação por 5 minutos.

Quanto ao tempo total de exposição, a partir das missões realizadas em cada setor, foi possível concluir que o tempo de exposição em virtude da permanência no tráfego é maior para o

T-25 do que para o T-27M. A partir do cruzamento dos resultados encontrados e expostos no quadro 1, com os resultados expostos na tabela 1, concluiu-se que a aeronave T-27M permaneceu exposta ao risco por 3.414 horas e 42 minutos. Já o T-25, permaneceu exposto por 3.960 horas e 32 minutos. Dessa forma, todos os fatores analisados nesta pesquisa, apontam para uma maior exposição ao risco nos voos de instrução realizados no T-25. Entretanto, o número de colisões com ave no T-27M foi maior no período analisado. A proporção final de ocorrências por hora de voo apontou que para cada 1000 horas de voo realizadas no 2º EIA, ocorrem 1,01 colisões. Por outro lado, na operação no 1º EIA, ocorrem 2,93 colisões a cada 1000 horas de voo realizadas.

4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência da velocidade durante o tráfego das aeronaves de instrução da AFA no risco de colisões com aves, considerando o período de 2019 a 2021. Para o desenvolvimento do trabalho, considerou-se que, além da presença de fauna, variáveis operacionais como a velocidade e o tempo de exposição ao risco podem impactar a ocorrência de colisões. A partir da análise de dados do SIGRA e de relatórios operacionais, foi possível identificar que, embora o T-25 apresente maior tempo de exposição ao risco em baixas altitudes e opere em uma área com maior concentração de fauna, o T-27M concentrou o maior número de colisões no período analisado.

Além disso, os resultados indicam que o maior número de ocorrências envolvendo o T-27M pode estar diretamente associado à velocidade mantida durante a permanência no circuito de tráfego, uma vez que reduz o tempo de reação dos pilotos. Foram considerados neste estudo, a densidade de fauna, o tempo de exposição ao risco e as características das missões de instrução. Este estudo possui limitações relacionadas à subnotificação com relação a alguns dados de colisão, assim como erros de lançamento nas horas de voo da AFA, que foram excluídos para a realização desta pesquisa, que permitiu obtenção de resultados que respondem ao objetivo proposto.

Portanto, os resultados deste trabalho contribuem para a compreensão sobre os fatores que influenciam o risco de colisões com aves no contexto da instrução aérea militar na AFA. O trabalho evidencia a influência da velocidade operacional e do tempo de exposição ao risco. Os desdobramentos da pesquisa apresentam à AFA implicações relevantes com relação ao aprimoramento das estratégias de gerenciamento do risco aviário. A constatação de que a velocidade operacional pode influenciar diretamente o risco de colisões com aves ao reduzir o

tempo de reação dos pilotos durante o circuito de tráfego, reforça a necessidade de revisão dos parâmetros operacionais adotados em setores com elevada presença de fauna, principalmente durante as instruções aéreas. Nesse contexto, destaca-se a importância de considerar múltiplas variáveis como densidade de fauna, tempo de exposição ao risco e características específicas das missões de instrução em uma análise integrada, como foi realizado neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANACpedia. Disponível em:

https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr603.htm

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Cultura de Segurança Operacional. Disponível

em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/paginas-tematicas/seguranca-operacional/cultura-de-seguranca-operacional>.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **IS 137.215-001A**. Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-137-215-001>.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Manual de BOAS PRÁTICAS NO GERENCIAMENTO DE RISCO DA FAUNA**. [s.l: s.n.], 2022. Disponível em:

https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerportos-e-aerodromos/seguranca-operacional/ManualBoasPrticasnoGerenciamentodeRiscodeFauna_v2.pdf.

BRAGA, André Luiz da Cunha. **Segurança de Voo**. São Paulo: Bianch Pilot Training, 2024.

BRASIL. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS.

Curso Básico de Gerenciamento da Segurança Operacional: Fundamentos da Segurança Operacional. Módulo 2. 2023.

BRASIL. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS.

Painel SIPAER. Disponível em:

<https://painelsipaer.cenipa.fab.mil.br/extensions/Sipaer/Sipaer.html>. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS.

Relatório de eventos de interesse com fauna em aeródromos militares: Sistema de Gerenciamento de Risco Aviário - SIGRA. Disponível em:

https://sistema.cenipa.fab.mil.br/cenipa/sigra/pesquisa_dadosExt. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Manual de Gerenciamento de Risco de Fauna: MCA 3-8**. 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

Manual do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). 2022a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Identificação do Perigo de Fauna – IPF**. Academia da Força Aérea, 2022b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Normas Reguladoras para os Cursos de Formação de Oficiais da Academia da Força Aérea**: ICA 37-897. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2023a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Academia da Força Aérea**. 2023b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Portaria AFA nº 541/SPPC**. Procedimentos referentes ao trabalho de conclusão de curso de formação de oficiais da AFA. *Boletim Ostensivo*, Pirassununga, SP, 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA**. 2024a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores: ICA 37-863**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2024b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Instrução de Voo do 1º Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, 2024c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, 2024d.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Procedimentos do 2º Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, 2024e.

BRUNO, F. B.; BARETTO, J. R. **Aves e aeronaves: riscos e desafios para a ciência e sociedade quanto ao perigo aviário**. Niterói: Eduff, 2017.

DOLBEER, R. **Height Distribution of Birds Recorded by Collisions with Civil Aircraft**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1496&context=icwdm_usdanwrc.

DUNCAN, J. S. **Advisory Circular AC 90-48D: Pilot's Role in Collision Avoidance**. Washington, DC: Federal Aviation Administration, 2016. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_90-48D.pdf.

FARIAS, J.; ALMEIDA, C.; SANTOS, L. **Análise da Suposição de Subnotificações de Ocorrências Aeronáuticas no Contexto da Aviação Civil Brasileira**. *Revista Conexão Sipaer*, v. 8, n. 1, p. 49–54, 2017.

FLIGHTRADAR24. **Flight tracking service**. Disponível em: <https://www.flightradar24.com>.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

LEVESON, Nancy G. **Engineering a Safer World: Systems Thinking Applied to Safety**. Cambridge, MA: MIT Press, 2011

METZ, I. C. *et al.* **The Bird Strike Challenge**. *Aerospace*, v. 7, n. 3, p. 26, 13 mar. 2020.

NTSBGOV. The Age of Reason. Disponível em:
<https://safetycompass.wordpress.com/2018/05/01/the-age-of-reason/>.

REASON, James. **Human Error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

REASON, James. **Managing the Risks of Organizational Accidents**. Aldershot: Ashgate Publishing, 1997.

SUMWALT. **The Age of Reason**. Disponível em:
<https://safetycompass.wordpress.com/2018/05/01/the-age-of-reason/>.