

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTA DE BUSINESS INTELLIGENCE PARA A ANÁLISE DE DADOS DE ACIDENTES E INCIDENTES AÉREOS NA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA.¹

USE OF BUSINESS INTELLIGENCE TOOLS TO DATA ANALYSIS OF AIR ACCIDENTS AND INCIDENTS IN ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Igor Oliveira Dias²
Evelyn Aparecida de Oliveira³
Filipe de Paulo Oliveira⁴

RESUMO

Desde seu surgimento, o avião traz, junto às suas capacidades, alguns desafios intensificados pela evolução tecnológica ao longo dos anos e inerentes à sua atividade, sejam eles relacionados à comunicação, à mecânica, à medicina, à aerodinâmica, ao clima ou a outros fatores. Sendo assim, é notória a utilização de conhecimentos relacionados ao histórico de acidentes para a prevenção de futuros acidentes, tendo em vista que, através do estudo de acontecimentos do passado, é possível aprender com os erros cometidos, corrigir tendências indesejadas e, até mesmo, prever e orientar a necessidade de atualização de políticas e regulamentos aeronáuticos. Na Academia da Força Aérea (AFA), por exemplo, onde um número considerável de instrutores e alunos realizam voos diariamente, a intensidade da atividade aérea requer pesquisas sistemáticas e atuação proativa dos setores responsáveis pela Segurança de Voo. Nesse contexto, apesar das ferramentas de análise de dados se mostrarem como alternativa inovadora face ao crescente número de falhas ocorridas no ambiente aeronáutico, ainda há dificuldade em determinar suas possibilidades e maneiras de uso, já que, antes de utilizar as ferramentas, é imprescindível definir o propósito de seu uso e quais parâmetros são relevantes para seu emprego. A partir do uso de *Business Intelligence* (BI), foram desenvolvidos gráficos interativos por meio do *software* Microsoft Power BI® e os resultados obtidos evidenciam que a aplicação de ferramentas de BI, mesmo sob uma abordagem simulada proporcional devido ao sigilo dos dados reais, mostrou-se eficaz na geração de visualizações interativas e *insights* operacionais relevantes, contribuindo para a potencial otimização dos processos de monitoramento e prevenção de riscos pela SIPAA na Academia da Força Aérea.

Palavras-chave: Prevenção de acidentes; *Business Intelligence*; Academia da Força Aérea; Segurança de Voo; Análise de dados; Microsoft Power BI®.

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

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

³ Professora Doutora na Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP). Doutora em Modelagem Computacional pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Atua nas áreas de banco de dados, programação e modelagem computacional. E-mail: evelyn.oliveira@univesp.br.

⁴ Cap QOAV Mestrando em Ciências e Tecnologias Espaciais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. E-mail: paulofpo@fab.mil.br.

ABSTRACT

Since its creation, the airplane has presented various challenges, which have been intensified by technological evolution year after year. These challenges are inherent to aviation and may relate to communication, mechanics, medicine, aerodynamics, weather, or other factors. In this context, leveraging knowledge from past accidents to prevent new ones is crucial, considering that, through the study of past events, it is possible to learn from previous mistakes, correct undesirable trends, and even anticipate and guide the need for updates in aeronautical policies and regulations. At the Air Force Academy (AFA), for example, where a considerable number of instructors and cadets conduct flights daily, the intensity of flight activity demands systematic research and proactive action from the sectors responsible for Flight Safety. Despite the availability of data analysis tools as innovative solutions to address the increasing number of failures in the aeronautical environment, there are still difficulties in determining their capabilities and methods of application. Before using these tools, it is essential to define the specific questions they must answer and identify the relevant parameters for their implementation. Through the use of Business Intelligence (BI), interactive charts were developed using Microsoft Power BI®, and the results demonstrate that the application of BI tools - even under a simulated and proportional approach due to the confidentiality of actual data - proved effective in generating interactive visualizations and relevant operational insights, contributing to the potential optimization of the monitoring and risk prevention processes carried out by SIPAA at the Air Force Academy.

Keywords: Prevention of accidents; Business Intelligence; Academia da Força Aérea; Flight Safety; Data Analysis; Microsoft Power BI®.

INTRODUÇÃO

De acordo com Júnior (2002), desde o surgimento da raça humana, os pensamentos e sentimentos relacionados ao voo eram compartilhados por muitos. Apesar de grande dificuldade em alcançar os primeiros e limitados voos ao longo da história, no século XX a humanidade presenciou avanços significativos nessa área, com a criação efetiva do avião e, segundo Loftin (1985), com o acelerado desenvolvimento desse veículo, impulsionado pela alta demanda do poder aéreo durante as guerras mundiais que protagonizaram os anos 1900. Assim, fomentada pela aliança com os Estados Unidos da América (Botelho, 1999), principalmente a partir da II Guerra Mundial, a atividade aérea no Brasil tem se tornado cada vez mais complexa, com modelos de aeronaves cada vez mais modernas sobrevoando simultaneamente o céu brasileiro, condição que exige medidas eficazes para prevenção de acidentes (Ricco; Almeida, 2017).

Atualmente, a Força Aérea Brasileira (FAB) tem a incumbência de realizar o controle do espaço aéreo que engloba tanto a aviação comercial quanto a aviação militar. Na aviação militar, a

Academia da Força Aérea (AFA) é responsável pela formação inicial dos pilotos militares por meio da realização de voos de instrução diários, tanto básicos como primários (Zibordi, 2015). A instrução de voo é ministrada aos cadetes por oficiais aviadores e, nesses estágios iniciais, requer um rigoroso registro dos riscos inerentes a essa atividade e a observância de medidas de precaução em relação a possíveis acidentes e incidentes aéreos. Nesse sentido, a Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) desempenha um papel fundamental na segurança dessas atividades, porém, face ao elevado volume de dados relativos às operações aéreas, pode-se identificar a necessidade de armazenar, tratar e transformar os dados obtidos em informações úteis, de forma eficiente e rápida, com o objetivo de diminuir a latência no processo decisório (Falsarella; Januzzi; Sugahara, 2017).

Nesse contexto, ferramentas computacionais de *Business Intelligence* (BI) podem ser empregadas para aprimorar a análise de dados sobre acidentes aéreos, oferecendo recursos para o tratamento eficiente das informações e o desenvolvimento de *dashboards* informativos (Maisel; Cokins, 2013). Na SIPAA, utiliza-se uma plataforma online disponibilizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes (CENIPA), através da qual os relatórios podem ser acessados individualmente e alguns gráficos podem ser gerados de acordo com o período selecionado, porém sem interatividade entre si e com rigidez na seleção de parâmetros, acarretando dificuldades pela falta de interatividade dos comandos, além de ter acessibilidade limitada a sessões exclusivas de oficiais da Segurança de Voo, sem uma versão, mesmo que menos detalhada, para uso dos demais instrutores. Esse tema tem despertado crescente interesse na comunidade acadêmica, sendo abordado em estudos como Análise de Dados de Segurança de Voo para Tomada de Decisões, de Freitas e Lopes (2023), e Análise Exploratória de Dados de Acidentes Aeronáuticos no Brasil, de Dantas *et al.* (2018)

Portanto, o Microsoft Power BI® foi utilizado para análise tanto exploratória quanto descritiva, estatística e exploratória, tendo em vista sua disponibilidade de instrumentos intuitivos de modelagem de dados (Microsoft, 2024). Dessa maneira, o objetivo principal deste trabalho é investigar como ferramentas de BI, com ênfase no Microsoft Power BI®, podem ser aplicadas à análise de dados históricos de acidentes e incidentes aéreos na Academia da Força Aérea, de modo a apoiar as ações de monitoramento e prevenção de riscos conduzidas pela SIPAA. Para isso, delinearam-se os seguintes objetivos específicos: analisar o uso de BI em organizações, com foco em sua aplicabilidade; estudar os regulamentos do CENIPA relacionados à prevenção de acidentes aeronáuticos, a fim de estabelecer diretrizes para a construção do estudo de caso; e elaborar um

estudo de caso utilizando dados fictícios do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea, baseados em estatísticas fornecidas pela SIPAA, por meio da aplicação do Microsoft Power BI®. Assim, este estudo tem o intuito de responder à seguinte pergunta de pesquisa: “De que maneira a aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* pode contribuir para o monitoramento e a prevenção de riscos de voo na Academia da Força Aérea?”.

1 REVISÃO DE LITERATURA

Para embasar este trabalho, artigos e trabalhos relacionados a *Business Intelligence* e à Segurança de Voo foram estudados de modo a situar o uso operacional dessa ferramenta no contexto acadêmico e profissional. Além disso, ressalta-se, neste tópico, a introdução de conceitos essenciais ao tema para elaborar uma estrutura argumentativa consistente acerca do tema em questão.

1.1 BUSINESS INTELLIGENCE

De acordo com Cardoso (2006), as organizações sempre se encontraram em um ambiente de constante mudança e transformação, no qual a adaptabilidade a novos contextos se torna uma qualidade essencial. Assim, o controle da informação e comunicação capacita a tomada de decisões ao passo que a coleta e análise dos dados que afetam a organização e suas concorrentes se tornam instrumentos para desenvolvimento de estratégias e integração dos setores organizacionais para cumprimento mais eficiente e lógico de suas metas e objetivos.

Ademais, a partir da década de 70, acadêmicos e vendedores promovem o desenvolvimento de Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) baseados na computação. Esses sistemas são definidos por Power (2002) como estruturas que ajudam as pessoas a usar dados, documentos, conhecimentos e comunicações para resolver problemas e tomar decisões. Para Alter (1980), os DSS têm três características fundamentais: são articulados para facilitar processos decisórios, devem auxiliar os processos decisórios ao invés de automatizá-los e devem ser capazes de responder rapidamente às necessidades de mudança dos tomadores de decisão.

Chiavenato (2004), por sua vez, defende que a tecnologia sempre influenciou o funcionamento da organização e que seu desenvolvimento promove condições cada vez mais propícias para a eficiência da mesma. Desde a invenção da máquina de escrever até a criação do computador, a capacidade de gerenciar múltiplas informações e integrar diferentes setores

demonstrou grande evolução, principalmente no que se refere à atribuição de significado aos conjuntos de dados e transmissão de informações.

Para atender a carência de gestão adequada de informações baseadas em dados para tomadas de decisões, criou-se o conceito de *Data Warehouse* (DW): trata-se de um armazenamento de dados estruturado para fácil consulta e análise por gestores de uma organização com finalidade de auxiliar na tomada de decisões. Os DWs podem ser utilizados para fundamentar diversos tipos de Sistemas de Apoio à Decisão, como gestão de relacionamento com o cliente, gestão de cadeia de suprimento e gestão de desempenho de negócios (Sharda *et al.*, 2019).

O *Big Data* (BD), por sua vez, complementa os DWs ao permitir o acúmulo e a análise de quantidades massivas de dados, não necessariamente das mesmas fontes e nem de estruturas predefinidas. Esse termo foi criado na década de 90 por pesquisadores da NASA que enfrentavam o desafio de lidar com grandes quantidades de dados, os quais sobrecarregavam a memória e a capacidade dos processadores (Salinas e Lemus, 2017). Para integrar a capacidade de análise do DW com a integração de diferentes fontes do BD, Sawadogo e Dermont (2021) definem o conceito de *Data Lakes*: “um sistema escalável de armazenamento e análise de dados de qualquer tipo, retido em seu formato nativo e utilizado principalmente por especialistas em dados (estatísticos, cientistas de dados ou analistas) para extração de conhecimento”. Suas características incluem a atuação como catálogo que reforça a qualidade dos dados, ferramentas e políticas de governança de dados, acessibilidade por vários tipos de usuários, integração de qualquer tipo de dado, organização física e lógica e escalabilidade em termos de armazenamento e processamento.

Nesse sentido, sistemas de alta capacidade de armazenamento e computadores com multiprocessadores têm rompido limites no que tange a quanto e o que pode ser armazenado, dando margem ao registro permanente de dados em formatos que podem ser ordenados, analisados e processados (Power, 2002). Segundo Davenport e Harris (2007), a ciência de dados é um subgrupo de BI e consiste em uma série de tecnologias e processos que usam dados para entender e analisar a performance de um segmento. As questões que essa ferramenta pode responder representam o alto valor e a finalidade proativa desse campo.

A princípio, esse processo podia ser executado com o uso de papel e caneta, porém hoje em dia, o emprego da tecnologia da informação é essencial, pois dados são críticos para fundamentar decisões mais precisas em diversos segmentos institucionais. De acordo com Hoffmann (2020), esses sistemas ajudam a analisar questões de segurança em larga escala, provendo, por exemplo,

representação visual de estatísticas ligadas a riscos aeronáuticos e embasando a criação de políticas e regras adequadas aos desafios encarados pelo vetor aéreo.

Atualmente, a Microsoft oferece um aplicativo de *Business Intelligence* tanto para gestores domésticos quanto para grandes corporações, o qual permite a transformação de bancos de dados em gráficos interativos criados tanto por Inteligência Artificial quanto pelos próprios usuários com o objetivo de embasar tomadas de decisão com maior fluidez e simplicidade. Para isso, o Microsoft Power BI® aceita *inputs* de fontes e formatos variados em tempo real, bem como disponibiliza instrumentos para comandos intuitivos (Microsoft, 2024).

Por conseguinte, esse software se alinha com algumas consequências da informática na administração identificadas por Chiavenato (2004), como a automação, caracterizada pela capacidade de processamento automático das máquinas através de caminhos programáveis para articular continuamente diferentes operações executadas anteriormente de forma isolada, além de armazenar grandes quantidades de registros em bases estruturadas. Além disso, destaca-se a Tecnologia da Informação (TI), a qual favorece a redução da infraestrutura física com a criação de ambientes virtuais, a compressão do tempo por meio de comunicação em tempo real e a conectividade por meio do trabalho à distância.

1.1.1 *Business Intelligence* aplicado a organizações

Para ilustrar o uso de BI, alguns relatos são apresentados pela Microsoft, de maneira que funcionários do nível estratégico de algumas corporações prestam depoimentos nos quais as principais funcionalidades e formas de uso dessas ferramentas são apontadas.

1.1.1.1 Jacobs Solutions Inc.

Conforme Davenport e Harris (2007), organizações que competem por análise de dados ("*competing on analytics*") exigem plataformas unificadas para transformar dados dispersos em vantagem operacional. Nesse sentido, segundo a Microsoft (2023), a multinacional Jacobs Solutions Inc., especializada em engenharia e soluções integradas, enfrentava desafios de fragmentação de dados em *data lakes* e bancos de dados dispersos, o que limitava a agilidade na geração de *insights*. Para superar essa barreira, a empresa adotou o Microsoft Power BI integrado ao ecossistema Microsoft Fabric, criando a plataforma AlluvialSM – um modelo escalável de autoatendimento que

unifica armazenamento, processamento (*Synapse Data Engineering*) e visualização de dados. Esse caso ilustra como o BI moderno, aliado à arquitetura *Lakehouse*, pode impulsionar operações complexas e setores críticos, como infraestrutura e segurança nacional.

Do mesmo modo, segundo Davenport e Harris (2007), organizações de alto desempenho tratam os dados como ativos estratégicos. Essa perspectiva reforça premissas fundamentais para a atuação da Academia da Força Aérea (AFA), uma vez que, assim como observado no caso da empresa Jacobs, seus líderes podem empregar ferramentas de *Business Intelligence* para a realização de análises preditivas em operações críticas como a identificação de padrões em acidentes por meio de *dashboards* e a automatização de alertas para a SIPAA, com base em dados históricos disponibilizados pelo CENIPA. Ademais, o modelo *self-service* de BI adotado pela Jacobs, voltado à capacitação dos usuários finais no uso da informação, representa, no contexto da AFA, na possibilidade de uso da ferramenta por instrutores antes das instruções, de modo a identificar os maiores riscos relacionados ao tipo de missão ou à aeronave a ser voada e isso se traduz em maior autonomia para os instrutores, que passam a ter acesso facilitado a fatores que impactam diretamente o desempenho e segurança de suas missões.

Da mesma forma, assim como o desenvolvimento da plataforma AlluvialSM pela Jacobs, a necessidade identificada por Falsarella *et al.* (2017) de integrar “silos de dados”, ou seja, a fragmentação de informações em sistemas não integrados. Além disso, a urgência por maior agilidade nas organizações públicas, também destacada por Falsarella *et al.* (2017), traduz-se, no contexto da AFA, na redução do tempo de processamento das informações dos relatórios e na geração de *insights* em períodos de aumento do número de acidentes graves, nos quais o processo decisório pode ser acelerado a partir da atualização automática dos gráficos com a entrada de novas informações.

1.1.1.2 Cemig

Tal como expõe Davenport e Harris (2007), organizações que almejam competir por análise de dados devem priorizar a automação de processos para reduzir erros humanos e ganhar agilidade – princípio adotado pela Cemig, que enfrentava taxas de 20% de falhas em processos manuais (Microsoft, 2025). A empresa, referência no setor energético brasileiro, implementou a Microsoft Power Platform® (Power Apps®, Power Automate® e Power BI®) como solução *low-code*, permitindo que colaboradores não técnicos ("Cidadãos Desenvolvedores") criassem aplicações sem

depende exclusivamente de TI. Essa abordagem ecoa as recomendações de Power (2002) sobre sistemas de suporte à decisão descentralizados.

Na Academia da Força Aérea, isso se traduz em redução de erros, já que, assim como a redução de falhas de preenchimento foi reduzida com a automação de formulários na Cemig, há a minimização de inconsistências em relatórios de acidentes, como a eliminação de duplicidades. Ainda, semelhante ao projeto “Power Tribo” da Cemig, o qual capacitou os funcionários a criar os próprios gráficos, os instrutores se capacitam a criar *dashboards* no Power BI®. Dessa maneira, segue-se o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da FAB (Brasil, 2022), especialmente o Art. 7º do DCA 3-1/2022, que exige “análise ágil de dados de ocorrências” e o Anexo III, que enfatiza a “padronização de relatórios”, pois, assim como fez a Cemig ao reduzir o tempo de *onboarding*, o Power BI® poderia agilizar esse processo, e o Power Query® resolveria inconsistências, como falta de uniformidade nos dados do CENIPA, assim como eliminou erros de preenchimento de formulários na Cemig.

Por fim, há outros benefícios os quais também se aplicam à AFA, como o alinhamento com metas ambientais, já que os relatórios em papel ainda são comuns, e a manutenção da governança, com treinamentos contínuos e integração para controle de acessos, funcionalidade essencial para dados sensíveis da SIPAA.

1.2 SEGURANÇA DE VOO NA AFA

Historicamente, o desenvolvimento da qualidade de vida da raça humana esteve atrelado ao desenvolvimento tecnológico. Nos meios de transporte, tal relação também se mostrou notória com a invenção do avião, proporcionando maior alcance e velocidade de locomoção. Segundo Loftin (1985), os desenvolvimentos tecnológicos, impulsionados pelas guerras, foram expandidos para o meio civil. Assim, Anderson (1979) afirma que após a I Guerra Mundial, redes de rotas de voo se espalharam em países europeus, nos Estados Unidos da América (EUA), e, cerca de uma década após, no Brasil.

À medida que a aviação se desenvolvia, novas possibilidades e oportunidades comerciais proporcionaram maior complexidade operacional, evidenciando a necessidade de aprimoramento dos sistemas de segurança (Ricco; Almeida, 2020). No Brasil, o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBAer), Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, estabelece em seu artigo 25 que a promoção da segurança, da regularidade e da eficiência são responsabilidade da infraestrutura aeronáutica. O

sistema de investigação de acidentes, por sua vez, segue o anexo 13 da Convenção de Chicago que orienta as ações com o objetivo de prevenir acidentes (Miranda, 2014), sendo revisado periodicamente.

Segundo Ricco e Almeida (2020), a respeito dessa convenção, Estados ao redor do mundo criaram seus próprios órgãos para atuar nesse setor. Assim, a iniciativa brasileira foi concretizada na criação do CENIPA, subordinado ao Comando da Aeronáutica (COMAER). Esse órgão atua em coordenação com a Gerência Geral de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (GGIP), da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para centralizar informações relativas a acidentes (Miranda, 2014).

De acordo com Miranda (2014), “em 2009 a Organização de Aviação Civil Internacional, a OACI, implementou efetivamente o *Safety Management System*”. Antes disso, o desenvolvimento da segurança na aviação era caracterizado por uma abordagem voar, quebrar, consertar e voar. Muitas dessas ocasiões podiam ser determinadas por erro humano, usualmente o piloto, e as ações preventivas se resumiam em encorajar os outros pilotos a não cometerem os mesmos erros. Hoje, tem-se que é mais produtiva a adoção de sistema no qual as causas das falhas podem ser esquematizadas, tendo em vista o aumento da complexidade das operações e o uso de aeronaves modernas. Assim, o órgão de segurança aeronáutica bem-informado e moderno deve trabalhar no entendimento da identificação de perigo, no gerenciamento de risco, no sistema de teorias, esquematização do fator humano, cultura organizacional, métodos quantitativos e instrumentos de qualidade e de gerenciamento (Stolzer *et al.*, 2010).

Nesse sentido, sistemas de alta capacidade de armazenamento e computadores com multiprocessadores têm rompido limites no que tange a quanto e o que pode ser armazenado, dando margem ao registro permanente de dados em formatos que podem ser ordenados, analisados e processados (Power, 2002). Segundo Davenport e Harris (2007), a ciência de dados é um subgrupo de BI e consiste em uma série de tecnologias e processos que usam dados para entender e analisar a performance de um segmento. As questões que essa ferramenta pode responder representam o alto valor e a finalidade proativa desse campo.

No campo militar, o vetor aéreo representa um domínio essencial para as forças armadas (Brasil, 2018). Nesse sentido, a Força Aérea Brasileira (FAB) prepara novos pilotos com base na realização de treinamentos diários na Academia da Força Aérea (AFA), desenvolvendo habilidades em voos acrobáticos, de formatura e por instrumentos (Zibordi, 2015). Para executar as instruções, a AFA, localizada em Pirassununga, São Paulo, conta com um vasto espaço operacional para voos,

compreendendo de cidades adjacentes até distâncias compatíveis com a capacidade funcional das aeronaves de treinamento T-25 Universal e T-27 Tucano. Tal zona apresenta características essenciais para o nível de experiência dos pilotos pelo fato de não apresentar formações geológicas que dificultariam as operações, como montanhas.

Nesse estágio de preparação, os cadetes, ainda inexperientes e com poucas horas de voo, enfrentam fases críticas da formação. Assim, essas condições ressaltam a importância de uma consistente Política de Segurança de Voo apoiada pelos Programas de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (PPAA) (Brasil, 2022), executados na AFA pela Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA).

Segundo o que preconiza a ICA 37-376: CURRÍCULO MÍNIMO DO CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES (CFOAV) de 2019, o cadete aviador dispõe de 800 horas para estudar e executar a instrução básica, a qual inclui, entre outros itens: Pré-solo (táxi, decolagem, saída do tráfego, subida para a área, nivelamento, estol com e sem motor, parafuso, tráfegos de emergência, tráfego, enquadramento de pista ,final, arremetida no ar e no solo, pouso, estacionamento, voo por referências visuais); Manobras e Acrobacias (recuperação de atitudes anormais, decolagem curta, *chandelle*, oito preguiçoso, lento, barril, *retournement* ,voo de dorso, looping, oito cubano, trevo, *immelman*, séries acrobáticas); Formatura Dois e Quatro Aviões (decolagem na ala, reunião após a decolagem, escalonamentos, evoluções em formatura Básica, em formatura Cobrinha e em formatura Ataque 2, tráfego para pouso na ala); Voo Noturno (decolagem, nivelamento, tráfego para pouso direto, arremetida no ar, arremetida no solo, pouso); Navegação (planejamento de missão, procedimentos de solo, plano de voo, regime de cruzeiro, navegação por contato, controle de estimadas e interpretação das cartas e publicações); e Voo por instrumentos (decolagem com transição IFR, curvas padrão cronometradas, procedimento de descida NDB, VOR, ARCO DME, ILS e RNAV, e aproximação perdida).

Para cumprir essas fases, são previstas 114,5 horas de voo por cadete, de acordo com o PROGRAMA DE INSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO OPERACIONAL DA AFA (PIMO) de 2025 divulgado pelo Ministério da Defesa. Dessa maneira, é esperado um alto grau de adaptação e preparo do cadete, tendo em vista a diferença entre o seu nível de experiência e a evolução da complexidade dos exercícios na sua formação técnica. Além disso, como a maior parte dos voos têm duração média de 1 hora, é previsível que a alta carga de trabalho da aeronave em voos subsequentes provoque o seu desgaste ao longo do dia e do ano, em atenção ao calendário letivo da

AFA, o qual prevê uma quantidade de dias de voo para cada Estágio de Instrução Aérea que permita a realização do número de missões programadas.

Dessarte, a atuação da SIPAA na análise de acidentes aéreos ocorridos em seu âmbito de atuação se mostra essencial para a manutenção da operabilidade e disponibilidade de aeronaves em condições de suportar a alta carga de trabalho bem como para prevenir fatalidades da tripulação, ainda inexperiente, a qual, como descrito acima, enfrenta uma necessidade de evolução e preparo elevada ao decorrer do ano letivo.

2 MATERIAIS E METODOLOGIA DE ANÁLISE COM POWER BI®

Para alcançar o objetivo deste estudo, adotou-se uma abordagem metodológica de natureza qualitativa e exploratória, considerando que o objetivo central deste trabalho é investigar como ferramentas de BI, com ênfase no Microsoft Power BI®, podem ser aplicadas à análise de dados históricos de acidentes e incidentes aéreos na Academia da Força Aérea, de modo a apoiar as ações de monitoramento e prevenção de riscos conduzidas pela SIPAA. Segundo Gil (1999), pesquisas exploratórias têm como propósito desenvolver e esclarecer conceitos ainda pouco definidos, proporcionando uma visão geral e aproximativa sobre fenômenos complexos, como é o caso da integração de soluções analíticas ao ambiente da aviação militar. Ainda de acordo com o autor, a análise qualitativa é especialmente indicada em estudos de campo e estudos de caso, pois permite a redução, organização e interpretação dos dados com base na capacidade analítica do pesquisador, não se restringindo a fórmulas predefinidas, mas focando na construção de sentidos a partir dos padrões observados.

A etapa bibliográfica incluiu a análise de obras e artigos científicos que discutem a aplicabilidade de ferramentas de *Business Intelligence* em contextos organizacionais, especialmente no apoio à tomada de decisão em instituições públicas, e o gerenciamento de dados na área da segurança operacional, como a importância da exploração de métodos quantitativos e instrumentos de qualidade e de gerenciamento expressa por Stolzer *et al.* (2010). Essa revisão permitiu fundamentar teoricamente o potencial do uso de *softwares* como o Microsoft Power BI® na análise e interpretação de dados estruturados, como os provenientes de registros de acidentes e incidentes aéreos.

Complementarmente, foi conduzido um estudo de caso referente aos acidentes e incidentes do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA), com o objetivo de ilustrar a aplicabilidade

prática dos conceitos discutidos na literatura. Para essa finalidade, a Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) forneceu acesso a dados internos, que serviram de base para a elaboração de uma tabela fictícia, construída com base nas frequências relativas, valores máximos e mínimos de cada parâmetro. Essa simulação buscou preservar o sigilo e a discrição das informações originais, mantendo a verossimilhança estatística necessária à análise. De acordo com Gil (1999), a identificação de relações causais em pesquisas aplicadas não se restringe exclusivamente ao uso de técnicas estatísticas, ainda que estas sejam valiosas para sugerir possíveis vínculos entre variáveis. O autor destaca que a análise lógica desempenha papel central na interpretação dos resultados e na inferência de conexões causais, uma vez que o fenômeno científico raramente se explica por um único fator isolado, mas sim por um conjunto de condições contribuintes, contingentes e alternativas.

Nesse sentido, o presente trabalho se aproxima dessa perspectiva ao utilizar ferramentas de *Business Intelligence* (BI) para a visualização e cruzamento de dados referentes à segurança de voo na Academia da Força Aérea (AFA). Os gráficos e painéis interativos desenvolvidos no Microsoft Power BI® permitem observar, de forma visual e intuitiva, possíveis correlações e padrões entre variáveis como fase de voo, localidade, tipo de ocorrência e gravidade. A análise desses dados não tem por objetivo estabelecer relações causais definitivas, mas sim fornecer subsídios que, aliados à expertise dos profissionais da SIPAA, contribuam para a identificação de condições contribuintes à ocorrência de eventos aeronáuticos - condição que se alinha ao conceito de causalidade científica apresentado por Gil.

O Microsoft Power BI® foi selecionado como ferramenta analítica, com base nas características descritas na seção “1 *Business Intelligence*”, destacando-se, entre outros fatores, pela presença de uma versão gratuita adequada para o tamanho dos dados estudados, acessível e robusta em termos de recursos para visualização e modelagem de dados. Além disso, utilizou-se o Google Planilhas®, também gratuito, para a organização inicial da base de dados e simulação dos inputs operacionais normalmente realizados pela SIPAA. O Quadro 1 apresenta um extrato com as sete primeiras linhas da tabela construída, que conta, ao todo, com 206 registros simulados.

Quadro 1 Sete linhas iniciais da tabela criada no Google Planilhas®

Data	Hora	Matrícula	Localidade	Gravidade	Intensidade Lesão	Tipo de Ocorrência	Fase de Voo	Dano à Aeronave	Tipo de Instrução
06/01 /2010	19:20	FAB1333	AFA	Incidente	Não Há	FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO	MANOBRA	NENHUM	OUTROS

						COMPONENTE/SISTEMA			
07/04/2010	19:25	FAB1447	AFA	Incidente Grave	Leve/Ileso	FALHA DO MOTOR EM VOO	SUBIDA	LEVE	OUTROS
17/04/2010	19:05	FAB1333	AFA	Ocorrência Anormal	Não Há	TREM DE POUSO	MANOBRA	NENHUM	TREINAMENTO
09/05/2010	10:15	FAB1444	SBBH	Incidente	Não Há	TREM DE POUSO	POUSO	NENHUM	OUTROS
22/05/2010	19:10	FAB1447	AFA	Incidente	Não Há	FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO COMPONENTE/SISTEMA	CRUZEIRO	LEVE	OUTROS
03/06/2010	19:00	FAB14359	AFA	Ocorrência Anormal	Leve/Ileso	ESTOURO DE PNEU	CORRIDA APÓS POUSO	LEVE	OUTROS
11/07/2010	19:45	FAB1333	AFA	Incidente Grave	Leve/Ileso	FUMAÇA NA CABINE	TÁXI	DESCONHECIDO	OUTROS

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela SIPAA.

2.1 PARÂMETROS ANALISADOS

Para confecção da tabela, foram utilizados parâmetros descritos na MCA 3-6: MANUAL DE INVESTIGAÇÃO DO SIPAER, aprovado pelo Ministério da Defesa em 2017, o qual estabelece que a fase de coleta de dados deve incluir dados básicos do acidente, como data, hora e local da ocorrência, além de matrícula da aeronave, intensidade de lesão à tripulação e outros parâmetros presentes. Para representar a situação do 1º EIA, foi incluído o Tipo de Instrução, tendo em vista que o Esquadrão exerce diferentes tipos de missões, como treinamento e experiência.

A gravidade das ocorrências aeronáuticas pode ser classificada nas seguintes categorias, conforme o Ministério da Defesa (2017): Incidente, definido como qualquer ocorrência que, embora não caracterizada como acidente, esteja associada à operação de uma aeronave e afete ou possa vir a afetar a segurança da operação; Incidente Grave, que envolve circunstâncias nas quais há elevado risco de evolução para um acidente; e Acidente, caracterizado por situações em que uma pessoa sofre lesão grave ou falece, ou ainda quando a aeronave apresenta falha estrutural ou dano que comprometa sua resistência estrutural. Além dessas, existem as categorias Ocorrência em Solo, sendo o(s) fato(s) motivador(es) diretamente relacionado(s) aos serviços de apoio e infraestrutura aeroportuários sem qualquer contribuição da movimentação da aeronave por meios próprios, não estando relacionado à operação da aeronave, e Ocorrência Anormal - esta última refere-se a circunstâncias que, embora não se configurem como ocorrência aeronáutica, envolvem falhas no

funcionamento ou na operação dos sistemas, equipamentos ou componentes da aeronave, exigindo a adoção de medidas técnicas corretivas, ainda que sem impacto direto na segurança operacional.

A Intensidade da Lesão, por sua vez, se divide em Lesões Fatais, Lesões Graves, Lesões Leves e Ileso. Os Tipos de Ocorrência incluem: Falha ou Mau Funcionamento do Componente/Sistema; Colisão com Ave; Colisão com Outra Aeronave; Falha ou Mau Funcionamento do Motor; Excursão de Pista; Colisão no Solo; Operações no Solo; Contato Anormal com o Solo; Incursão em Pista; Meteorologia; Trem de Pouso; Superaquecimento; Pouso Brusco; Canopi; Comandos de Voo; Estouro de Pneu; FOD; Falha do Motor Em Voo; Fumaça na Cabine; Perda de Componente em Voo; Pouso Sem Trem; Tráfego Aéreo e Outros.

Além disso, os eventos são categorizados em Fases de Voo, como Pouso; Cruzeiro; Decolagem; Aproximação Final; Subida; Corrida Após Pouso; Táxi; Manobra; Estacionamento; Descida; Circuito De Tráfego; Arremetida No Solo; Arremetida No Ar; Cheque De Motor; Operação De Solo; Saída IFR; Emprego Militar; Partida Do Motor; Procedimento de Aproximação IFR; Indeterminado ou Outra.

2.2 ELABORAÇÃO DO PAINEL

Após a coleta dos dados, a tabela foi exportada para o Microsoft Power BI®. Durante essa etapa, identificou-se uma inconsistência nos registros, como evidenciado no Quadro 1: a matrícula FAB1439 foi inserida incorretamente como FAB14359. Esse tipo de erro, frequentemente relacionado a falhas de digitação, pode ocorrer também durante o preenchimento dos relatórios preventivos pelos tripulantes. Para a correção dessas inconsistências, foi utilizada a ferramenta Power Query®, integrada ao próprio Power BI®, a fim de padronizar e substituir os valores digitados de forma incorreta.

Com os dados devidamente tratados, foi desenvolvido um painel interativo, ilustrado na Figura 1, contendo visualizações gráficas que segmentam as ocorrências segundo distintos parâmetros, com o objetivo de facilitar a análise, interpretação e priorização das informações. Ademais, para aprimorar a experiência de navegação e leitura, o sistema permite a exibição detalhada dos dados de cada parâmetro ao posicionar o cursor sobre a respectiva legenda, coluna ou fatia correspondente no gráfico.

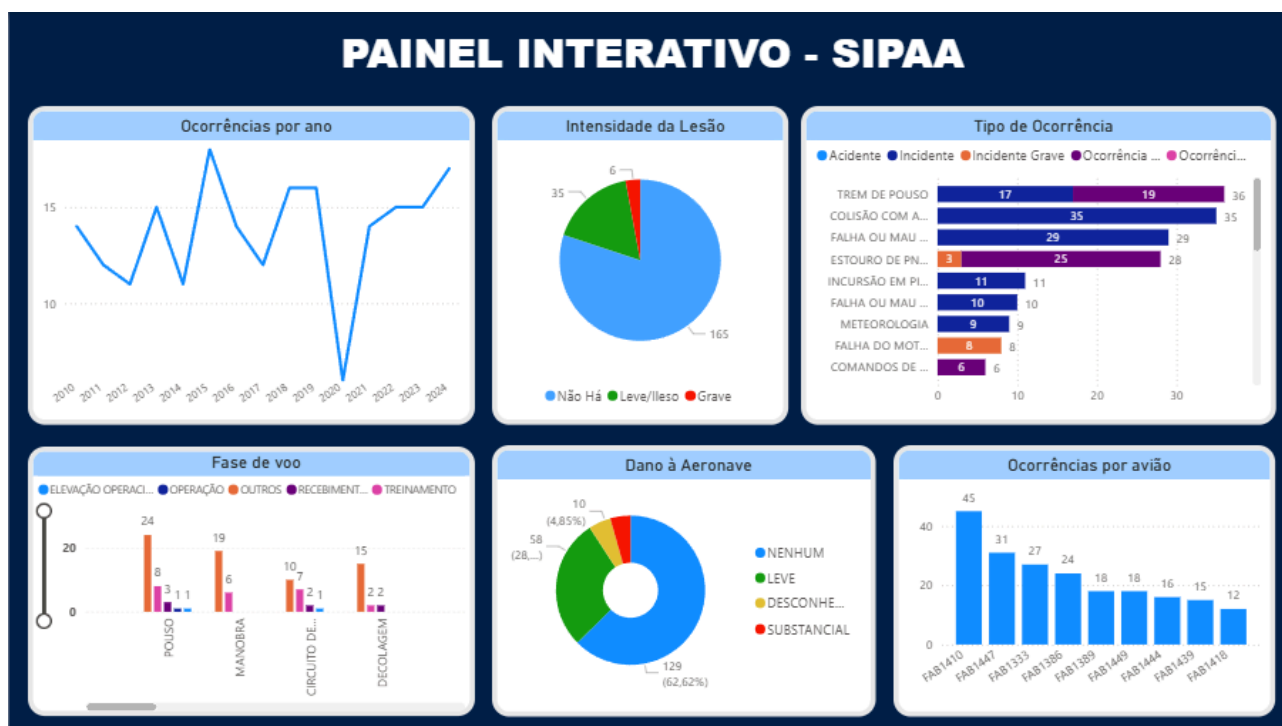


Figura 1 Painel interativo - SIPAA

Fonte: Elaboração Própria

Para a representação da distribuição temporal das ocorrências, optou-se pelo uso do gráfico de linhas, que se destaca por sua capacidade de facilitar a identificação de variações e tendências ao longo do tempo. Esse tipo de visualização oferece à SIPAA uma ferramenta valiosa para acompanhar a evolução das ocorrências de forma dinâmica, permitindo a detecção precoce de mudanças nos padrões operacionais. Conforme Lidwell, Holden e Butler (2010), exibições históricas contribuem para revelar tendências que não seriam facilmente identificadas em visualizações estáticas, o que pode apoiar a tomada de decisões estratégicas para a prevenção e mitigação de riscos na segurança de voo. Assim, a utilização do gráfico de linhas proporciona uma visão integrada do comportamento das ocorrências ao longo dos anos, auxiliando no monitoramento contínuo da segurança aeronáutica (Figura 2).

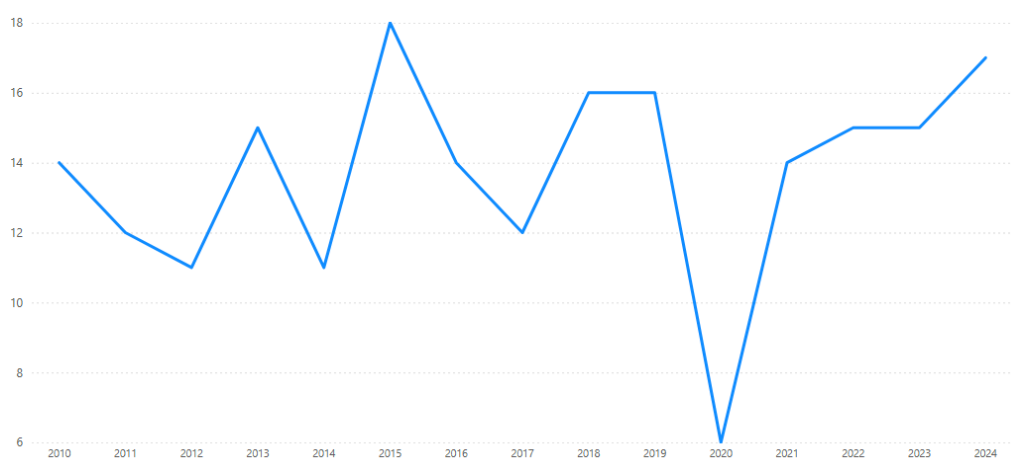


Figura 2 Ocorrências por ano

Fonte: Elaboração própria

Para a análise da variável "Intensidade das Lesões", optou-se pelo gráfico circular (Figura 3) devido à simplicidade e clareza na visualização de um número limitado de categorias classificatórias. Esse tipo de gráfico facilita a compreensão rápida da distribuição proporcional entre os níveis de intensidade das lesões, permitindo à SIPAA identificar com facilidade a predominância de ocorrências sem lesões. A visualização clara e objetiva contribui para priorizar ações preventivas e direcionar esforços na mitigação dos riscos à integridade física dos envolvidos, reforçando a capacidade da seção em monitorar a segurança dos voos.

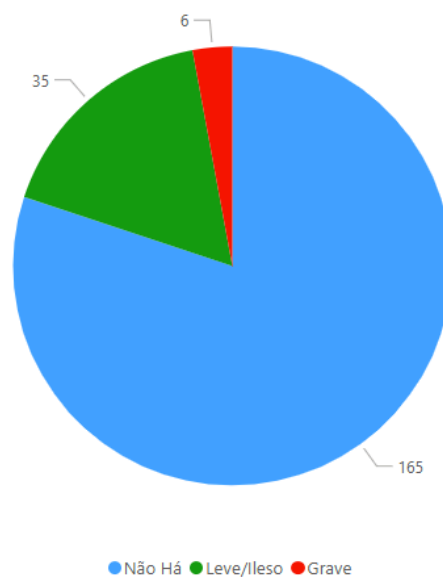


Figura 3 Intensidade da Lesão

Fonte: Elaboração própria

Conforme destaca Stolzer *et al.* (2010), o uso de dados estruturados é essencial para a antecipação de riscos e para a mitigação de falhas operacionais. Assim, ao empregar o gráfico de barras empilhadas com foco na análise conjunta entre o Tipo de Ocorrência e a Gravidade, buscou-se permitir uma visualização clara de onde os riscos se concentram, alinhando-se ao princípio de gestão proativa da segurança operacional discutido por esses autores. Essa visualização facilita a identificação rápida dos padrões de Gravidade associados a cada Tipo de Ocorrência, permitindo à SIPAA direcionar de maneira mais eficiente suas ações de monitoramento e prevenção de riscos. Ao apresentar os dados de forma consolidada e segmentada, o gráfico contribui para uma análise mais abrangente, auxiliando na priorização de recursos e na tomada de decisões fundamentadas que reforcem a segurança operacional.

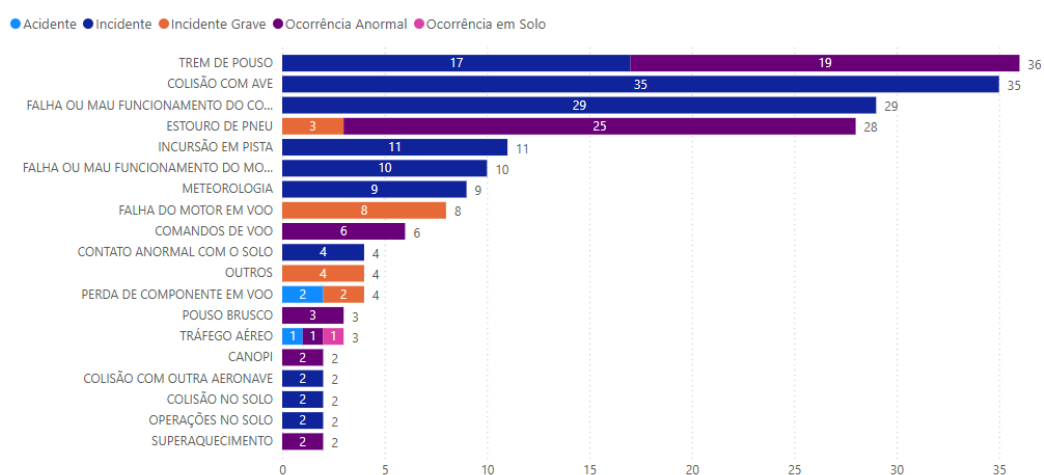


Figura 4 Gravidade por Tipo de Ocorrência

Fonte: Elaboração própria

As Fases de Voo foram representadas por meio de um gráfico de barras agrupadas (Figura 5), no qual cada agrupamento corresponde a uma Fase de Voo, sendo as barras relativas aos diferentes Tipos de Instrução. A altura das barras reflete a frequência absoluta de cada Tipo de Instrução em sua respectiva fase. A análise dos dados revela uma maior concentração de ocorrências durante a fase de pouso nesse cenário fictício, sendo que a maioria desses registros está associada à categoria "Outros" no campo Tipo de Instrução. Tal constatação pode indicar, para a SIPAA, uma possível inconsistência na categorização dos relatórios, sugerindo que, em diversos casos, o Tipo de Instrução não está sendo corretamente especificado no momento do preenchimento da ocorrência. Além disso, indica que a maior parte dos incidentes acontecem em pousos, os quais

estão intimamente ligados à Trem de Pouso, observado na Figura 4 como Tipo de Ocorrência com maior índice, e sinalizam que ações da SIPAA relativas a essa fase crítica são necessárias nesse contexto hipotético. Assim, a ferramenta se mostra valiosa para o aperfeiçoamento contínuo da segurança de voo na AFA ao possibilitar a correlação entre variáveis operacionais e administrativas.

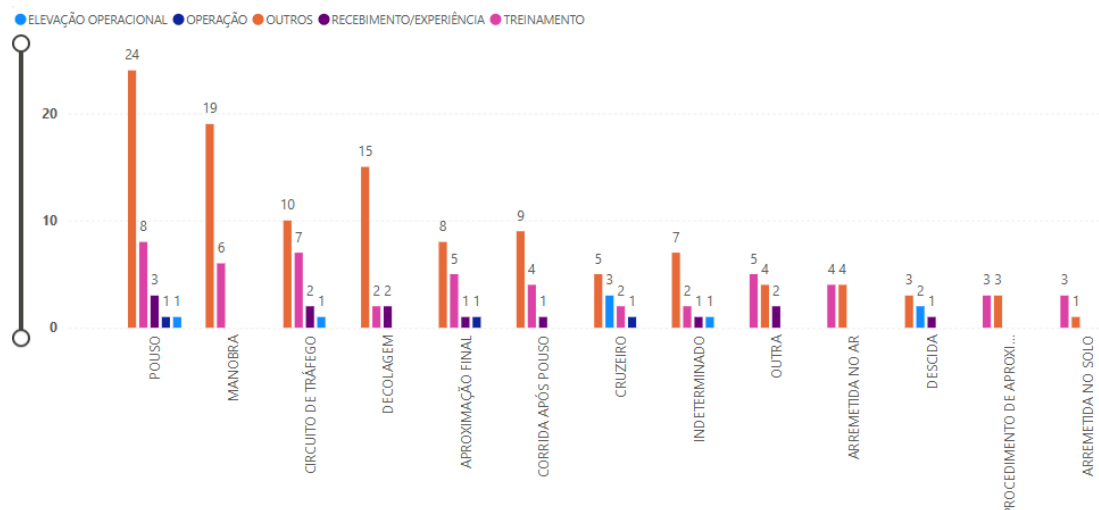


Figura 5 Tipo de Instrução por Fase de Voo

Fonte: Elaboração própria

Para representar os níveis de dano à aeronave, foi utilizado um gráfico de rosca (Figura 6), cuja segmentação em quatro categorias - “Nenhum”, “Leve”, “Desconhecido” e “Substancial” - proporciona uma visualização intuitiva da distribuição proporcional dos danos registrados. Esse tipo de gráfico favorece uma leitura rápida e eficaz por parte da SIPAA, permitindo a identificação de padrões gerais quanto à severidade dos danos nas ocorrências. A clareza proporcionada por essa representação auxilia na priorização de análises mais aprofundadas nos casos de maior gravidade ou incerteza, como os classificados como “Desconhecidos”, além de indicar a robustez operacional das aeronaves em cenários de menor impacto nesse modelo simulado. Dessa forma, a visualização contribui para a tomada de decisões voltadas à mitigação de riscos e à melhoria contínua da segurança de voo na AFA.

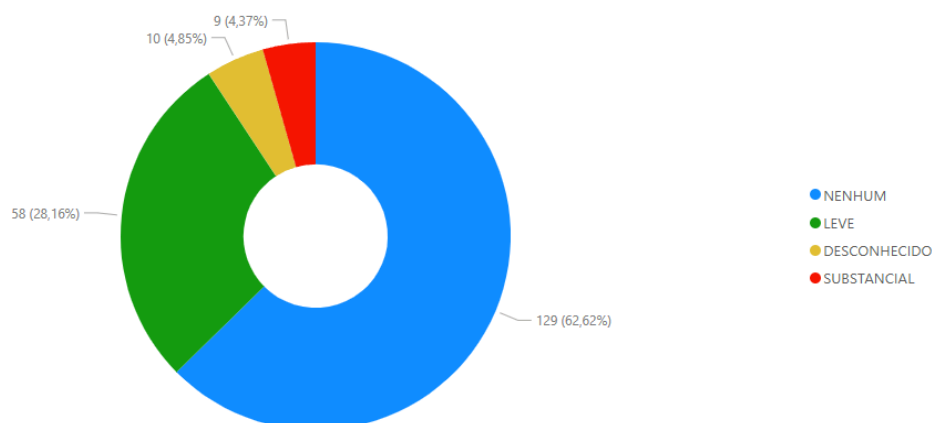


Figura 6 Dano à aeronave

Fonte: Elaboração própria

Por fim, a distribuição da frequência de acidentes por aeronave foi representada por meio de um gráfico de barras (Figura 7), no qual a altura de cada barra indica o número absoluto de ocorrências associadas a cada matrícula individual. Essa forma de visualização permite à SIPAA identificar rapidamente possíveis concentrações anormais de registros em aeronaves específicas, facilitando o direcionamento de investigações operacionais, ações preventivas ou medidas de manutenção. Ao evidenciar padrões de maior ou menor frequência por matrícula, o gráfico apoia a gestão da frota ao permitir decisões estratégicas, como a priorização de inspeções, revisão de cargas de voo ou redistribuição de aeronaves entre missões e instrutores, contribuindo para o fortalecimento da segurança de voo no ambiente da AFA.

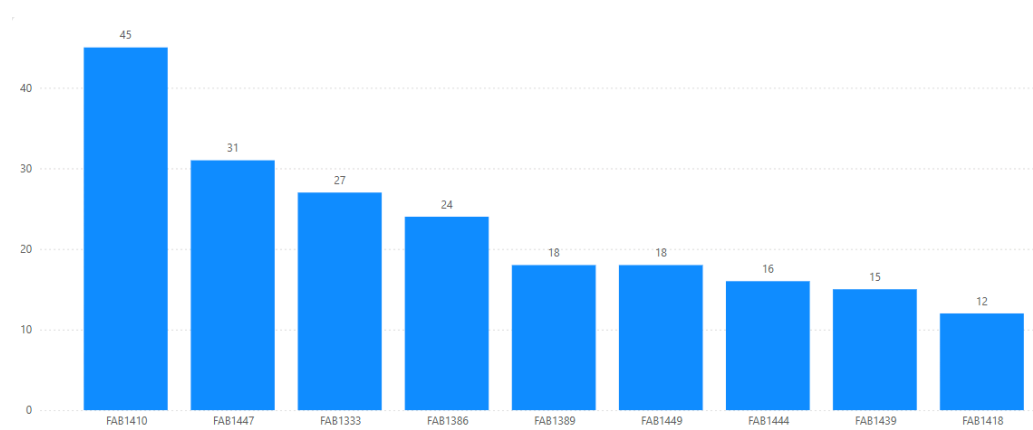


Figura 7 Ocorrências por avião

Fonte: Elaboração própria

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme previamente mencionado, todos os gráficos desenvolvidos apresentam caráter interativo entre si, o que possibilita a atualização dinâmica dos demais diagramas a partir da seleção de um determinado parâmetro. Dessa forma, ao selecionar a barra correspondente à aeronave FAB1410, obtém-se o resultado ilustrado na Figura 8, em que os demais gráficos passam a exibir exclusivamente os dados relacionados a essa aeronave específica.

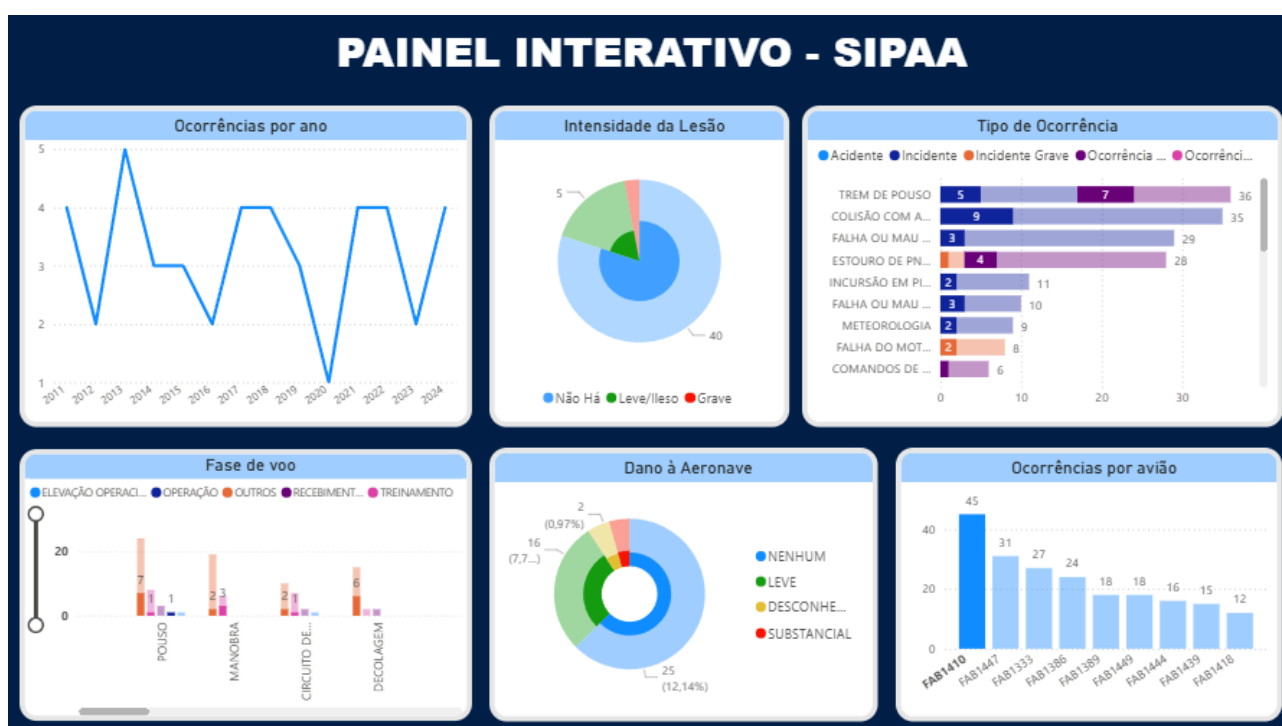


Figura 8 Dados relativos à FAB 1410

Fonte: Elaboração própria

A apresentação dos dados referentes à aeronave FAB 1410 ilustra o potencial das ferramentas de *Business Intelligence* na obtenção de *insights* operacionais relevantes. A partir da seleção de uma única matrícula, todos os demais gráficos são automaticamente filtrados, possibilitando uma análise integrada dos parâmetros associados, como ano, fase do voo, tipo de instrução, gravidade e danos à aeronave. Tal funcionalidade revela-se estratégica para a SIPAA, uma vez que permite o rastreamento imediato de padrões recorrentes, identificação de pontos críticos na operação e direcionamento mais assertivo de investigações. Ainda que os dados utilizados neste estudo sejam simulados, a metodologia aplicada evidencia a aplicabilidade do BI na

estruturação de painéis dinâmicos que favorecem o diagnóstico situacional e a tomada de decisão em tempo hábil, otimizando o monitoramento e a prevenção de riscos à segurança de voo na Academia da Força Aérea.

Em outro caso, ao selecionar o ano de 2015, no qual houve o maior número de relatórios, os gráficos se adequam conforme demonstrado na Figura 9:

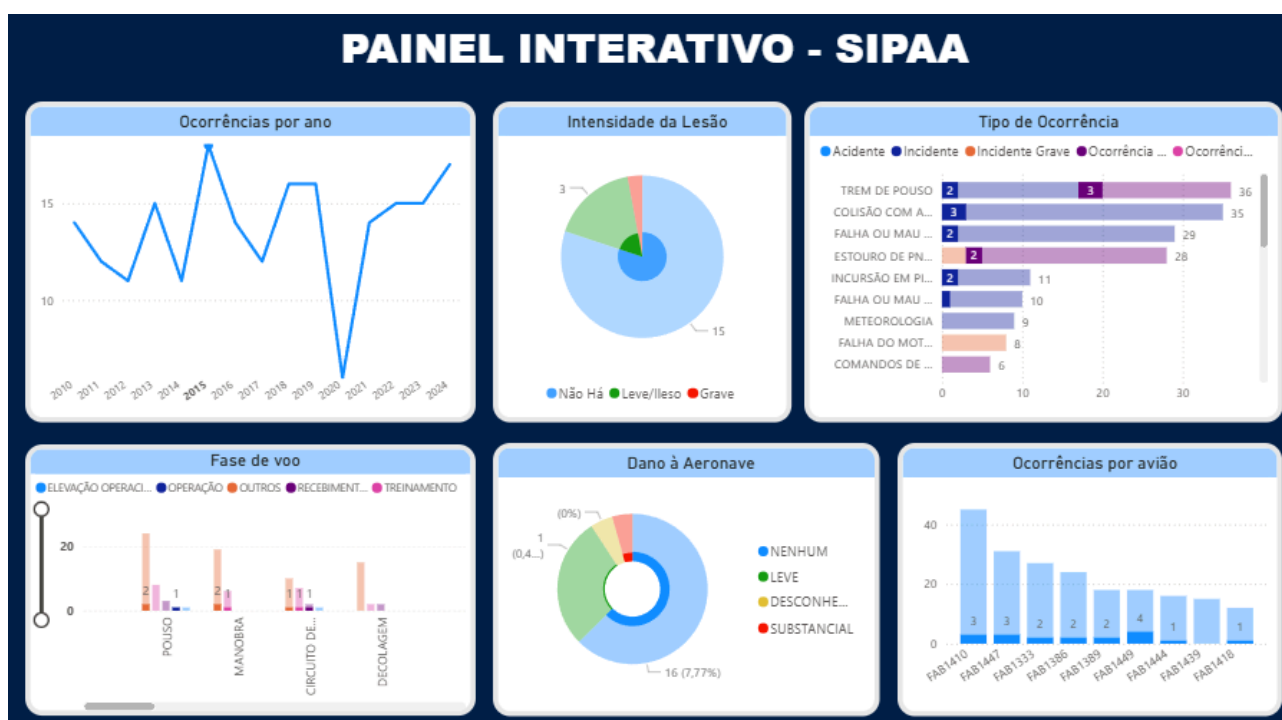


Figura 9 Ocorrências em 2015

Fonte: Elaboração própria

A análise gráfica das ocorrências registradas evidencia que os eventos mais frequentes estão associados a falhas em sistemas da aeronave, destacando-se os relacionados ao trem de pouso, falhas ou mau funcionamento de componentes/sistemas e colisões com aves. Tal panorama sugere a importância de reforçar inspeções preventivas específicas, como manutenções mais rigorosas e voos de experiência criteriosos, e estratégias de mitigação de riscos operacionais, como o controle de fauna no aeródromo. Além disso, verifica-se que a maior parte das ocorrências causou apenas danos leves à aeronave ou não resultou em lesões, o que demonstra que, apesar da elevada frequência, tem-se, em geral, um baixo nível de gravidade nos eventos registrados. Esses dados reforçam a eficácia dos procedimentos de emergência adotados, ao mesmo tempo em que indicam áreas potenciais para melhorias operacionais.

Dessa forma, observam-se interpretações baseadas em dados que podem ser aprofundadas por especialistas da SIPAA na análise de relatórios não fictícios, uma vez que os parâmetros adotados neste estudo foram categorizados de maneira equivalente àquela utilizada por essa seção.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção de uma abordagem metodológica qualitativa e exploratória se mostrou adequada à proposta deste trabalho, especialmente diante do caráter inovador da aplicação de *Business Intelligence* em um setor com alto nível de sigilo e sensibilidade nas informações. A fundamentação teórica sustentou a escolha por um modelo de investigação voltado à geração de *insights* preliminares e à identificação de oportunidades de melhoria, contribuindo tanto para a delimitação do problema de pesquisa quanto para a interpretação dos resultados obtidos.

Além da aplicação prática simulada, o presente estudo também contribuiu teoricamente ao discutir os fundamentos conceituais relacionados à segurança de voo no contexto da Força Aérea Brasileira, com ênfase na atuação normativa e no papel da SIPAA no ambiente da AFA. Com o objetivo de estudar regulamentos do CENIPA, a análise de diretrizes e instrumentos de investigação adotados no Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos permitiu compreender o arcabouço institucional que rege a segurança operacional e as limitações enfrentadas na consolidação e uso eficiente dos dados atualmente disponíveis, como a falta de simplicidade da interface e a carência de interatividade entre os diferentes parâmetros.

Portanto, a articulação entre teoria e prática evidencia que o uso de ferramentas analíticas baseadas em BI, mesmo em ambiente simulado, pode enriquecer significativamente a capacidade da SIPAA em lidar com dados operacionais. Ao promover maior integração, acessibilidade e agilidade na análise das informações, o estudo reforça o potencial estratégico dessas tecnologias como instrumento de modernização e eficiência na gestão da segurança de voo na AFA ao concluir o objetivo de elaborar um estudo de caso com dados fictícios do 1º EIA.

Ademais, funcionalidades destacadas no estudo da Jacobs Solutions Inc., como a integração de dados fragmentados e a atualização automática e imediata de gráficos a partir de novas inserções, evidenciam o potencial das ferramentas de BI para agilizar os processos conduzidos pela SIPAA e promover uma comunicação mais simples e fluida entre as diversas seções da AFA, com

informações claras e prontas para uso, atingindo assim o objetivo específico de analisar o uso de ferramentas de *Business Intelligence* em organizações.

Assim, como visto tanto nas análises individuais de cada gráfico quanto no estudo de dados condicionados a variáveis selecionadas, conclui-se que o uso eficiente de ferramentas de *Business Intelligence*, como o Microsoft Power BI®, eleva a capacidade de produzir *insights* relevantes para segurança de voo na AFA, otimizando o tempo de trabalho.

Dessa forma, os objetivos específicos foram atingidos, bem como o objetivo principal de investigar como ferramentas de BI, com ênfase no Microsoft Power BI®, podem ser aplicadas à análise de dados históricos de acidentes e incidentes aéreos na Academia da Força Aérea, de modo a apoiar as ações de monitoramento e prevenção de riscos conduzidas pela SIPAA, levando a responder à pergunta de pesquisa: “De que maneira a aplicação de ferramentas de *Business Intelligence* pode contribuir para o monitoramento e a prevenção de riscos de voo na Academia da Força Aérea?”, pois foram verificadas funcionalidades que incrementam de maneira sustentável a capacidade de geração de *insights* e possibilitam a visualização simplificada da interação entre múltiplos fatores.

Frente ao exposto, são sugeridas pesquisas para abordagem de funcionalidades das ferramentas de BI em outras seções, como a exploração da sincronização imediata da situação das aeronaves em manutenção e monitoramento de revisões periódicas pelo Grupo Logístico, a avaliação contínua de rendimento de atletas em seus respectivos esportes na AFA, a representação gráfica de resultados de Testes de Aptidão Física com a análise do aproveitamento e o levantamento da produtividade das refeições disponibilizadas no serviço de alimentação. Por fim, seguindo este trabalho, propõe-se que os gráficos sirvam como base para a formulação de regulamentos e diretrizes de voo, contribuindo para decisões no contexto da segurança aeronáutica.

5 AGRADECIMENTOS

Para chegar até aqui, agradeço primeiramente a Deus e reconheço o impacto e importância de algumas pessoas que Ele colocou ao meu lado para me apoiar, me dar forças nos momentos de dificuldade e celebrar as vitórias e conquistas. Sou grato aos meus pais, Edson e Maria, os quais me inspiram e impulsionam dia após dia, fazendo o possível e impossível por mim. Registro minha gratidão aos meus irmãos Italo e Iara por serem meu combustível de coragem e dedicação, pois o

desejo de ser um exemplo para eles me motiva. Também, agradeço à Evelyn e ao Filipe, meus orientadores, por terem me guiado neste desafio e por terem se disponibilizado para me iluminar na condução deste trabalho. Por fim, enalteço a presença da Pamela, minha noiva, em minha vida, pois cultiva em mim o amor, que é minha fonte de força para ir cada vez mais alto e agradeço por ter dividido a caminhada comigo, por ter me ouvido, me apoiado e ser quem é.

REFERÊNCIAS

ALTER, S.L. **Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge**. Reading: Addison-Wesley, 1980

ANDERSON, D. A. **Aviação comercial brasileira**. João Pessoa: Editora Universitária, UFPB, 1979.

BOTELHO, A. J. J. Da utopia tecnológica aos desafios da política científica e tecnológica: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1947-1967). **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 14, n. 39, p. 139–154, fev. 1999.

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. **Código Brasileiro de Aeronáutica**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1986. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17565.htm. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MCA 3-6: Manual de Investigação do SIPAER**. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. **DCA 11-45: Concepção Estratégica - Força Aérea 100**. 15 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **ICA 37-736: CURRÍCULO MÍNIMO DO CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES (CFOAV)**. 24 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **DCA 3-1/2022: Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da Força Aérea Brasileira para os Anos de 2022 a 2024**. 27 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA**. 9 jan. 2025.

CARDOSO, O. de O. Business communication versus organizational communication: new theoretical challenges. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v.40, n.6, p.1123-1144, nov. 2006.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DANTAS, F.; CUNHA, L.; SILVA, M.; ARANTES, P.; GOMES, R. Análise Exploratória de Dados de Acidentes Aeronáuticos no Brasil. **Revista de Engenharia e Gestão de Riscos**, v. 9, n. 2, p. 123-145, 2018. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/510>. Acesso em: 30 set. 2024.

DAVENPORT, T. H.; HARRIS, J. G. **Competing on Analytics: The New Science of Winning**. Harvard Business Press, 2007.

FALSARELLA, O. M.; JANNUZZI, C. A. S. C; SUGAHARA, C. R. Gestão Estratégica Empresarial: proposição de um modelo de monitoramento informacional na era do Big Data. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 420-441, abr./2017.

FREITAS, T. J. de L.; LOPES, L. S. P. **Análise de Dados de Segurança de Voo para Tomada de Decisões**. 2023. Disponível em: <https://redebias.direns.fab.mil.br/mobile/detalhe.asp?idioma=ptbr&acesso=web&codigo=91560&tipo=1&detalhe=0&busca=0>. Acesso em: 30 set. 2024.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5a ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HOFFMANN, T. Driven By Data: How the FAA Safety Team Leverages Data to Improve GA Safety. **FAA Safety Briefing**, v. 59, n. 5, p. x-x, set./out. 2020. Disponível em: <https://medium.com/faa/driven-by-data-8712ab09f84b>. Acesso em: 30 set. 2024.

JUNIOR, J. D. A. **The airplane: a history of its technology**. 2. ed. Cambridge: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.

LIDWELL, W.; HOLDEN, K.; BUTLER, J. **Princípios universais do design: 125 maneiras de aprimorar a usabilidade, influenciar a percepção, aumentar o apelo e ensinar por meio do design**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LOFTIN, L. K. **Quest for performance: the evolution of modern aircraft**. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 1985. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19850023776>. Acesso em: 30 set. 2024.

MAISEL, L.; COKINS, G. **Predictive business analytics: Forward looking capabilities to improve business performance**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

MICROSOFT. **A Cemig usou a Power Platform para reduzir as taxas de erro humano de 20% para 1,82%**. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/customers/story/20595-companhia-energetica-de-minas-gerais-pow-er-automate>. 2025. Acesso em 26 mar. 2025.

MICROSOFT. **Jacobs Solutions Inc. builds Alluvial Platform with Microsoft Fabric and Power BI**. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en/customers/story/1655187821653342085-jacobs-microsoft-fabric-po>

[wer-bi-partner-professional-services-usa?culture=pt-br&country=br](https://www.microsoft.com/pt-br/partner-professional-services-usa?culture=pt-br&country=br). 2023. Acesso em 25 mar. 2025.

MICROSOFT. **O que é Business Intelligence?** Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/what-is-business-intelligence/>. 2024. Acesso em: 07 out. 2024.

MIRANDA, M. B. O Período da Diplomacia do Ar e a Segurança de Voo no Sistema da Aviação Civil. **Revista Eletrônica Direito, Justiça e Cidadania**, v. 5, n. 1, 2014. Disponível em: http://docs.uninove.br/artefac/publicacoes_pdf/direito/v5_n1_2014/Bernadete.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

POWER, D. J. **Decision support systems: concepts and resources for managers**. Westport, Conn.: Quorum Books, 2002. Disponível em: <https://scholarworks.uni.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1066&context=facebook>. Acesso em: 30 set. 2024.

RICCO, M. F. F.; ALMEIDA, M. C. A aviação e a segurança de voo em um contexto evolutivo da ciência. **Revista da UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 36-42, jan./jun. 2020. Disponível em: https://www2.fab.mil.br/unifa/images/revista/pdf/v33n1/Art_78_Aviao_R6.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

RICCO, M. F. F.; ALMEIDA, M. C. Segurança de Voo: uma questão de defesa nacional. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 60, pág. 122–135, 2017.

SALINAS, S.O.; LEMUS, A. C. N. Data Warehouse and Big Data Integration. **International Journal of Computer Science & Information Technology**. V. 9, N.2 E. 4, P. 1-17. Abril de 2017.

SAWADOGO, P.; DARMONT, J. On Data Lake Architectures and Metadata Management. **Journal of Intelligent Information Systems**. V. 56. P. 97-120. 2021.

SHARDA, R.; DELEN, D.; TURBAN, E. **Business Intelligence e análise de dados para gestão do negócio**. Tradução de Ronald Saraiva de Menezes. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGILIA, J. **Safety management systems in aviation**. Farnham: Ashgate, 2010.

ZIBORDI, P. M. **Reformas Curriculares no Curso de Formação de Oficiais Aviadores na Academia da Força Aérea entre 1974 e 2014**. São Carlos: UFSCar, 2015.