



ANÁLISE DE FATORES PREDOMINANTES PARA A OCORRÊNCIA DE INCIDENTES AERONÁUTICOS NO BRASIL

Analysis of predominant factors for the occurrence of aviation incidents in Brazil

Análisis de los factores predominantes para la ocurrencia de incidentes aeronáuticos en Brasil

Gabriel Joaquim Lima Araujo¹, Giovanna Sepulveda de Oliveira Macedo Fortes², Victória Gomes Lourenço de Oliveira³, & Italo Emmanoel Mesquita Oliveira de Moura^{4*}

^{1 2 3 4} Universidade Federal do Piauí

¹ glima29032004@ufpi.edu.br ² gigisepulveda2@hotmail.com ³ vivyrasta@ufpi.edu.br ^{4*} italoo.mooura@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 06.06.2025

Aprovado: 19.08.2025

Disponibilizado: 10.11.2025

PALAVRAS-CHAVE: Controle estatístico da qualidade; Aviação; Incidentes aeronáuticos; Segurança aérea; Falha.

KEYWORDS: Statistical Quality Control; Aviation; Aviation Incidents; Air Safety; Failure.

PALABRAS CLAVE: Control Estadístico de la Calidad; Aviación; Incidentes Aeronáuticos; Seguridad Aérea; Falla.

***Autor Correspondente:** Moura, I. E. M. O. de.

RESUMO

Contexto: A segurança na aviação civil brasileira é vital para a confiança do setor. O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) investiga ocorrências, classificando suas causas em fatores operacionais, humanos e materiais.

Objetivo: Identificar o fator predominante em incidentes aeronáuticos no Brasil (2014-2023), fornecendo subsídios ao CENIPA para focar ações preventivas e aumentar a confiabilidade das operações aéreas.

Método: Foi utilizado o controle estatístico da qualidade e o princípio de Pareto para identificar tendências, priorizar problemas e analisar a predominância de cada fator.

Resultados: Chegou-se à conclusão de que o CENIPA enfrenta dificuldades na identificação das causas de incidentes aeronáuticos, visto que muitos fatores foram classificados como indisponíveis na base de dados, e a análise dos dados existentes revela a predominância do fator operacional nos incidentes, correspondendo a aproximadamente 96% das ocorrências, com o fator humano representando cerca de 4%, e o fator material e outros fatores apresentando influência quase nula. Os principais tipos de ocorrência, no fator operacional, associados foram colisão com ave e falha ou mau funcionamento de sistema/componente.

Conclusões: Recomenda-se que o CENIPA priorize o desenvolvimento e a implementação de soluções direcionadas ao fator operacional, para reduzir os incidentes na aviação civil brasileira.

ABSTRACT

Context: Safety in Brazilian civil aviation is vital for the sector trust. The Brazilian Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA) investigates occurrences, classifying their causes into operational, human, and material factors.

Objective: To identify the predominant factor in aeronautical incidents in Brazil (2014-2023), providing input

to CENIPA to focus on preventive actions and increase the reliability of air operations.

Method: Statistical quality control and the Pareto principle were used to identify trends, prioritize problems, and analyze the predominance of each factor.

Results: It was concluded that CENIPA faces difficulties in identifying the causes of aeronautical incidents, as many factors were classified as unavailable in the database. The analysis of existing data reveals the predominance of the operational factor in incidents, accounting for approximately 96% of occurrences, with the human factor representing about 4%, and material and other factors showing almost negligible influence. The main types of occurrences associated with the operational factor were bird strikes and system/component failure or malfunction.

Conclusions: It is recommended that CENIPA prioritize the development and implementation of solutions targeting the operational factor to reduce incidents in Brazilian civil aviation.

RESUMEN

Contexto: La seguridad en la aviación civil brasileña es vital para la confianza en el sector. El Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA) investiga las ocurrencias, clasificando sus causas en factores operacionales, humanos y materiales.

Objetivo: Identificar el factor predominante en los incidentes aeronáuticos en Brasil (2014-2023), proporcionando insumos al CENIPA para enfocar acciones preventivas y aumentar la confiabilidad de las operaciones aéreas.

Método: Se utilizó el control estadístico de la calidad y el principio de Pareto para identificar tendencias, priorizar problemas y analizar el predominio de cada factor.

Resultados: Se concluyó que el CENIPA enfrenta dificultades en la identificación de las causas de los incidentes aeronáuticos, ya que muchos factores fueron clasificados como no disponibles en la base de datos. El análisis de los datos existentes revela el predominio del factor operacional en los incidentes, correspondiendo aproximadamente al 96% de las ocurrencias, con el factor humano representando cerca del 4%, y el factor material y otros factores presentando una influencia casi nula. Los principales tipos de ocurrencia asociados al factor operacional fueron la colisión con aves y la falla o mal funcionamiento de sistema/componente.

Conclusiones: Se recomienda que el CENIPA priorice el desarrollo e implementación de soluciones dirigidas al factor operacional para reducir los incidentes en la aviación civil brasileña.



INTRODUÇÃO

A segurança na aviação civil brasileira é um tema de extrema relevância, dado o impacto que ocorrências aeronáuticas podem ter na confiança do setor e na proteção da vida humana. O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) foi criado em 1971, representando o surgimento de uma nova filosofia a ser difundida no país: a palavra inquérito foi substituída e as investigações passaram a ser realizadas com o único objetivo de promover a "prevenção de acidentes aeronáuticos", em concordância com normas internacionais (CENIPA, 2024a).

Diferente dos acidentes aeronáuticos, que possuem ampla cobertura pela mídia e consequentemente mais estudos de prevenção, os incidentes acontecem e precisam ser analisados para evitar que se tornem acidentes. Nesse contexto, a definição de um incidente aeronáutico, pelo Departamento de Controle do Tráfego Aéreo (DECEA) (2025), é toda ocorrência, inclusive de tráfego aéreo, associada à operação de uma aeronave, havendo intenção de voo, que não chegue a se caracterizar como um acidente, mas que afete ou possa afetar a segurança da operação.

Atualmente, o CENIPA é responsável por realizar levantamentos sobre os acidentes, incidentes e incidentes graves que acontecem a cada ano no país. Com isso, o órgão possui uma visão abrangente do cenário aeronáutico, que permite atuar preventivamente nas causas raízes ocorrências que surgem. O CENIPA define três fatores gerais para classificar a causa de uma ocorrência, sendo o fator operacional, humano e material (CENIPA, 2024a).

Conforme as definições do CENIPA (2024b), o fator operacional é a área de abordagem da segurança de voo que se refere ao desempenho do ser humano na atividade relacionada com o voo, incluindo as áreas de meteorologia, infraestrutura, instrução, manutenção, aplicação dos comandos da aeronave, tráfego aéreo, coordenação de cabine, julgamento da tripulação, deficiência de pessoal, deficiência de planejamento, deficiência de supervisão, indisciplina de voo, influência do meio-ambiente e experiência de voo na aeronave, dentre outros aspectos.

O fator humano é a área de abordagem da segurança de voo que se refere ao complexo biológico do ser humano, nos aspectos fisiológicos e psicológicos que possam ter refletido nas ações da tripulação e das demais pessoas envolvidas na ocorrência, servindo para esclarecer a sequência dos acontecimentos (CENIPA, 2024b). Logo, as decisões humanas afetam todos os fatores, pois problemas mentais e físicos, como estresse, fadiga e cansaço, podem influenciar as operações aéreas desde o planejamento até a execução do voo (Pinto, 2018).

O fator material é a área de abordagem da segurança de voo que se refere à aeronave nos seus aspectos de projeto, fabricação e manuseio de material, não incluindo os serviços de manutenção de aeronave. Existe também a classificação "outros", para casos que não se enquadram de forma precisa nos fatores mencionados acima (CENIPA, 2024b).

De acordo com dados do CENIPA (2024c), houve um aumento de 198% no número de incidentes aeronáuticos registrados no Brasil em 2023, comparando com o ano de 2022. O órgão não emitiu um parecer ou comunicação oficial se posicionando quanto ao referido aumento, que foi expressivo. Isso ressalta a necessidade de aprofundar as investigações sobre os fatores que contribuem para esses eventos, bem como desenvolver estratégias eficazes para mitigá-los. Apesar de um incidente não resultar em lesões para os envolvidos, isso não retira a responsabilidade do operador do voo sobre a tripulação.

As empresas aéreas comerciais seguem normas rígidas constantes no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) e passam por auditorias frequentes por parte da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Isso faz com que o ambiente de aeronavegabilidade seja gerenciado em forma de sistema de segurança entre os diferentes entes (empresas de aviação, aeroportos, agência reguladora etc.). Por outro lado, a aviação privada também está sujeita ao RBAC, porém com maior flexibilidade e recomendações. Nesse caso, a RBAC nº 91 indica uma maior responsabilidade sobre a manutenção e a operação das aeronaves a cargo do proprietário ou piloto, o que pode levar a falhas (ANAC, 2025).

Nesse contexto, objetivo do presente trabalho é aplicar o controle estatístico da qualidade para identificar quais fatores mais influenciam nos incidentes aeronáuticos da aviação civil brasileira. Para isso, foram analisadas as ocorrências de incidentes aeronáuticos ao longo do decênio de 2014 a 2023. A contribuição deste artigo reside em fornecer informações que podem embasar possíveis melhorias, pelo CENIPA, para reduzir o índice de incidentes aeronáuticos e priorizar o fator evidenciado para garantir maior confiabilidade do voo.

O trabalho está estruturado nas seções de referencial teórico, metodologia, resultados e discussões e conclusões. O referencial teórico possui as subseções de aviação civil brasileira, controle estatístico de processo e gráficos de controle e princípio de Pareto.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para a análise dos fatores predominantes na ocorrência de incidentes aeronáuticos, as seguintes bases teóricas foram consideradas: (i) Aviação Civil Brasileira; (ii) Controle Estatístico de Processo e Gráficos de Controle; e (iii) Princípio de Pareto.

ÓRGÃOS DA AVIAÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Segundo Pinto (2008), a gestão da aviação civil brasileira encontra-se distribuída de forma macro entre os seguintes órgãos e entidades públicas: Conselho de Aviação Civil (CONAC), Secretaria de Aviação Civil (SAC) do Ministério da Defesa, Departamento de Controle do Tráfego Aéreo (DECEA), ANAC e Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO).

O Conselho de Aviação Civil (CONAC) tem como principal atribuição ser o órgão de assessoramento do Presidente da República para a formulação da política de ordenação da aviação civil (Brasil, 2000). Além disso, o CONAC possui, dentre outras, as atribuições de propor o modelo de concessão de infraestrutura aeroportuária, submetendo-o ao Presidente da República, e aprovar as diretrizes de suplementação de recursos para linhas aéreas e aeroportos de interesse estratégico, econômico ou turístico.

A Secretaria de Aviação Civil (SAC) do Ministério da Defesa teve sua criação no ano de 2011, através de uma medida provisória, com a finalidade de transferir a administração da aviação civil, que pertencia ao Ministério da Defesa.

O Departamento de Controle do Tráfego Aéreo (DECEA) é um órgão cujas competências são sobretudo o gerenciamento das atividades relacionadas com o controle do espaço aéreo, a proteção ao voo, o serviço de busca e salvamento e as telecomunicações do Comando da Aeronáutica (COMAER), proporcionando, também, o apoio logístico e a segurança de sistemas de informação necessários à realização dessas atividades (Brasil, 2001).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é uma das agências reguladoras do país, cuja função é fiscalizar as atividades da aviação civil, assim como a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária do Brasil (Brasil, 2005). Dentre as suas competências, citam-se: representar o Brasil junto a organismos internacionais de aviação e negociar acordos e tratados sobre transporte aéreo internacional; emitir regras sobre segurança em área aeroportuária e a bordo de aeronaves civis; conceder, permitir ou autorizar a exploração de serviços aéreos e de infraestrutura aeroportuária; estabelecer o regime tarifário da exploração da infraestrutura aeroportuária; e administrar o Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB).

Por fim, a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), tem a função de promover a infraestrutura aeroportuária brasileira. Ademais, saindo da estrutura macro, no que diz respeito às ocorrências aeronáuticas, dentro do Comando da Aeronáutica (COMAER), o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) é o órgão responsável por investigar e garantir a confiabilidade da aviação civil, gerenciando o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER).

GESTÃO DE OPERAÇÕES E INCIDENTES AERONÁUTICOS

A segurança na aviação civil, ou "Safety", é um assunto de extrema importância. Ela está diretamente ligada à saúde e ao bem-estar de passageiros e tripulantes, garantindo sua integridade física. O objetivo principal é identificar os perigos e gerenciar os riscos que surgem nas operações aéreas. É importante notar que a Segurança Operacional ou Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional abrange as atividades em solo, enquanto "Flight Safety" se refere especificamente às operações em voo (Ferronato & de Andrade Junior, 2022).

O SGSO da aviação civil brasileira é bastante abrangente. Ele inclui desde os procedimentos de operações aéreas e gestão de segurança de voo até o controle de tráfego aéreo, passando pelas Oficinas de Manutenção, o controle técnico de manutenção aeronáutica, e os procedimentos de solo. Além disso, a capacitação dos profissionais e a legislação vigente também são partes fundamentais (Ferronato & de Andrade Junior, 2022).

Estudar sistematicamente incidentes e incidentes graves é tão importante quanto investigar acidentes fatais. Essas análises nos permitem identificar padrões de risco e vulnerabilidades antes que se transformem em algo mais sério. Após um acidente, são elaborados Relatórios Finais que servem como base para desenvolver novos métodos de redução de riscos. Assim, o CENIPA visa entender o que aconteceu para que medidas corretivas e educativas sejam implementadas, sempre com um caráter preventivo e não punitivo (Carvalho, 2025). A investigação envolve a coleta de dados, análise de registros, entrevistas e a avaliação de fatores que contribuíram para o evento, sejam eles humanos, operacionais, técnicos ou organizacionais. Muitas vezes, falhas ativas e condições latentes são influenciadas pelas condições de trabalho e por ações ou omissões das pessoas envolvidas (dos Santos & de Sá Rodrigues, 2020). De modo geral, a gestão de operações na aviação busca otimizar o desempenho dos profissionais e reduzir erros para manter um nível de segurança aceitável.

Para que a gestão da segurança operacional seja realmente eficaz, a coleta e análise de dados são essenciais. O risco, na aviação, é a combinação da severidade de um evento com a probabilidade de sua ocorrência. Quanto maiores a severidade ou a probabilidade, maior o

risco. Nesse contexto, a Gestão de Riscos é um conjunto de ações coordenadas para identificar, analisar, avaliar, tratar e monitorar esses riscos (Nardes & Liebl, 2025). A identificação dos riscos envolve a busca, reconhecimento e descrição das ameaças, incluindo suas causas, fontes e eventos. Já a Análise de Riscos tem como objetivo compreender a natureza da ameaça e determinar o nível de risco, que é expresso pela combinação da probabilidade de ocorrência do evento e de suas possíveis consequências (Nardes & Liebl, 2025).

Portanto, a utilização de ferramentas de qualidade e inteligência na gestão dos dados pode trazer grandes melhorias para a segurança operacional. Com consultas dinâmicas, identificação de tendências de ocorrências e reconhecimento de fatores contribuintes recorrentes, é possível embasar a tomada de decisões e, assim, mitigar os riscos de incidentes e acidentes (Costa, 2020).

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO E GRÁFICOS DE CONTROLE

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma metodologia usada para monitorar e controlar a qualidade de processos produtivos, a fim de garantir que esses processos operem dentro de limites de qualidade definidos. De acordo com Montgomery (2009), o CEP utiliza gráficos de controle para identificar variações em processos (sejam eles produtivos ou de prestação de serviços) e distinguir entre variações naturais (ou comuns) e variações provocadas por causas especiais. Quando a variação é atribuída a causas especiais, ações corretivas são tomadas para trazê-lo de volta ao estado desejado, que é aquele em que a variável objetivo está dentro do padrão de qualidade aceitável pelo consumidor, ou dentro dos padrões definidos por órgãos reguladores.

Para Montgomery (2009), os gráficos de controle permitem a detecção precoce de desvios em relação à média e à variabilidade do valor objetivo (que se refere ao valor desejado ou esperado de uma característica) de um processo, facilitando a identificação de causas especiais de variação, que podem exigir intervenção. Dessa forma, os gráficos de controle são compostos por limites superiores e inferiores que definem a variação aceitável do processo. Quando há pontos fora dos limites de controle, ou seja, quando se tem uma área de ação, isso sinaliza que o processo deve estar fora de controle, indicando que uma análise mais aprofundada é necessária. Esses gráficos são fundamentais para garantir que um processo permaneça estável e dentro dos parâmetros desejados, ajudando a identificar oportunidades de melhoria contínua.

Existem vários tipos de gráficos de controle, como os Gráficos de Controle por Variáveis (que podem ser de amplitude, média, desvio padrão e I-MR) e os Gráficos de Controle por Atributos (que envolvem os gráficos de proporção de defeitos, número de defeitos, contagem de defeitos e defeitos por unidade). Dada a natureza quantitativa deste trabalho, os Gráficos de Controle por Variáveis foram utilizados.

A utilização correta desse tipo de gráfico normalmente exige a aplicação de gráficos de média e de amplitude em conjunto, uma vez que causas especiais geram mudanças na média e/ou variabilidade do processo.

PRINCÍPIO DE PARETO

O Princípio de Pareto, ou regra do 80/20, é uma ferramenta da qualidade que determina a ordenação das causas em função das suas frequências, auxiliando na priorização do problema. Ou seja, ao analisar as causas com até 80% das ocorrências, tendo como base a frequência acumulada em ordem decrescente das categorias, o ponto de partida para a solução do problema será definido (Corrêa, 2019).

Em conformidade com Seleme e Stadler (2012), a regra do 80/20 não apenas identifica as causas mais significativas, mas também auxilia na otimização de recursos e esforços para a resolução de problemas. Tem-se que 80% dos problemas estão em 20% das causas; logo, ao concentrar as ações corretivas nos poucos fatores que representam a maior parte dos impactos, as organizações podem alcançar melhorias substanciais de maneira mais eficiente. Além disso, para uma melhor visualização desse princípio, o Diagrama de Pareto pode ser utilizado, facilitando a comunicação e o entendimento das prioridades entre equipes multidisciplinares, e promovendo um foco direcionado e estratégico na tomada de decisões.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho possui natureza aplicada, pois analisou o contexto da segurança na aviação civil no Brasil visando fornecer subsídios para a tomada de decisão de ações preventivas do CENIPA. A sua caracterização quanto aos objetivos foi descritiva, uma vez que seu escopo abordou a descrição e a quantificação da distribuição dos fatores contribuintes nos incidentes aeronáuticos. Esta ainda foi do tipo explicativa, por identificar os principais tipos de ocorrência relacionados ao fator predominante dos incidentes.

A abordagem metodológica foi quantitativa, pois usou dados numéricos disponíveis na base de dados do CENIPA, que foram analisados com o Controle Estatístico da Qualidade e o Princípio de Pareto. Por sua vez, a pesquisa ainda foi do tipo documental, por ter coletado dados primários em documentos e registros oficiais, e de levantamento, por analisar o universo de incidentes em um período de dez anos.

COLETA DE DADOS

O estudo iniciou com a coleta dos dados necessários para esta pesquisa. Para isso, foi escolhida a base de dados do CENIPA (2024c), que é o órgão oficial responsável por registrar os casos de incidentes no território nacional. A referida base possui dados confiáveis e oficiais quanto ao tema, o que justifica a sua seleção. Os dados das ocorrências aeronáuticas eram abertos ao público e foram recuperados através de acesso virtual, em novembro de 2024. Destaca-se que a base disponibilizava dados de incidentes aeronáuticos com abrangência de 2007 até 2023.

ANÁLISE DE DADOS

O tratamento dos dados ocorreu através de tabelas do Excel, em que os dados de ocorrência, tipo de ocorrência, recomendação, fator contribuinte e aeronave foram extraídos da base de dados do CENIPA. A partir disso, os dados de ocorrência, fator contribuinte e tipo de ocorrência foram centralizados em uma única tabela. Através da ferramenta de tabela dinâmica foi possível organizar os dados para transformá-los em informações mais abrangentes (Figura 1).

Figura 1. Exemplos de classificação dos fatores predominantes, considerando a área do fator

ocorrência_tipo	FATOR OPERACIONAL	FATOR HUMANO	OUTRO	FATOR MATERIAL	MAIOR	FATOR PREDOMINANTE
PERDA DE CONTROLE EM VOO	841	501	34	4	841	FATOR OPERACIONAL
FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DO MOTOR FALHA DO MOTOR EM VOO	724	270	43	37	724	FATOR OPERACIONAL
PERDA DE CONTROLE NO SOLO	625	173	13	6	625	FATOR OPERACIONAL
COLISÃO COM OBSTÁCULO DURANTE A DECOLAGEM E POUSO	384	225	22	0	384	FATOR OPERACIONAL
EXCURSÃO DE PISTA	330	143	9	0	330	FATOR OPERACIONAL
COMBUSTÍVEL PANE SECA	224	133	9	1	224	FATOR OPERACIONAL
FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DE SISTEMA / COMPONENTE COM TREM DE POUSO	185	33	16	2	185	FATOR OPERACIONAL
OPERAÇÃO A BAIXA ALTITUDE	181	154	2	0	181	FATOR OPERACIONAL
VOO CONTROLADO CONTRA O TERRENO	128	137	6	0	127	FATOR HUMANO
EXCURSÃO DE PISTA POUSO LONGO	134	68	5	1	134	FATOR OPERACIONAL
CONTATO ANORMAL COM A PISTA POUSO BRUSCO	125	46	2	0	125	FATOR OPERACIONAL
OUTROS	123	85	11	0	123	FATOR OPERACIONAL
FALHA OU MAU FUNCIONAMENTO DE SISTEMA / COMPONENTE	120	60	6	5	120	FATOR OPERACIONAL
CONTATO ANORMAL COM A PISTA POUSO SEM TREM	94	83	6	0	94	FATOR OPERACIONAL
OUTROS POUSO EM LOCAL NÃO PREVISTO	92	41	5	0	92	FATOR OPERACIONAL
COLISÃO NO SOLO COLISÃO COM OBSTÁCULOS NO SOLO	90	34	2	0	90	FATOR OPERACIONAL
INDETERMINADO	63	32	8	0	63	FATOR OPERACIONAL

Fonte: Autores (2025).

Além desses fatores predominantes, o turno associado ao horário da ocorrência foi analisado (Figura 2). Essa classificação dos turnos foi definida pelos autores com o intuito de identificar o comportamento das ocorrências de incidentes nos turnos da madrugada, manhã, tarde e noite. Vale ressaltar que todas as tabelas dinâmicas que foram construídas no trabalho utilizaram filtros para incidentes no período de 2014 a 2023. Então, os códigos de ocorrência foram contabilizados.

Figura 2. Classificação por Turno de acordo com o Horário da Ocorrência

DE	ATÉ	TURNO
00:00:00	05:59:00	MADRUGADA
06:00:00	11:59:00	MANHÃ
12:00:00	17:59:00	TARDE
18:00:00	23:59:00	NOITE

Fonte: Autores (2025).

Em seguida, as ocorrências foram separadas por Unidade Federativa (UF), e o estado de São Paulo foi a base para as análises seguintes, por conta da maior representatividade de incidentes aeronáuticos. Assim, foram feitas tabelas dinâmicas mês a mês, por turno, por fator predominante e por tipo de ocorrência (considerando o fator operacional).

Desse modo, com os dados das tabelas dinâmicas, foram plotados em formato de gráficos. Estes foram um gráfico de colunas para os incidentes aeronáuticos no Brasil de 2014 a 2023; um gráfico de Pareto considerando a análise por estado; um gráfico de colunas para a análise em São Paulo; gráficos de média considerando a análise mês a mês e por turno; um gráfico de Pareto e um gráfico de média para a análise por fatores predominantes; e um gráfico de setores para a análise da distribuição percentual dos tipos de ocorrência relacionados aos fatores operacionais, no qual os tipos de ocorrência com representatividade inferior a 5% foram classificados como "outros".

Nesse estudo não foi analisada a amplitude em incidentes aeronáuticos devido ao contexto da análise. Assim, os gráficos de média foram utilizados, com o cálculo dos limites sendo realizado conforme as fórmulas da Figura 3.

Figura 3. Limites de Controle para Gráficos de Média

$$\text{Limite Superior de Controle (LSC)} = \bar{X} + 3\bar{R} / (d_2\sqrt{n})$$

$$\text{Limite Inferior de Controle (LIC)} = \bar{X} - 3\bar{R} / (d_2\sqrt{n})$$

Fonte: Costa, Epprecht e Carpinetti (2005).

CC BY 4.0
DEED
Attribution 4.0
International

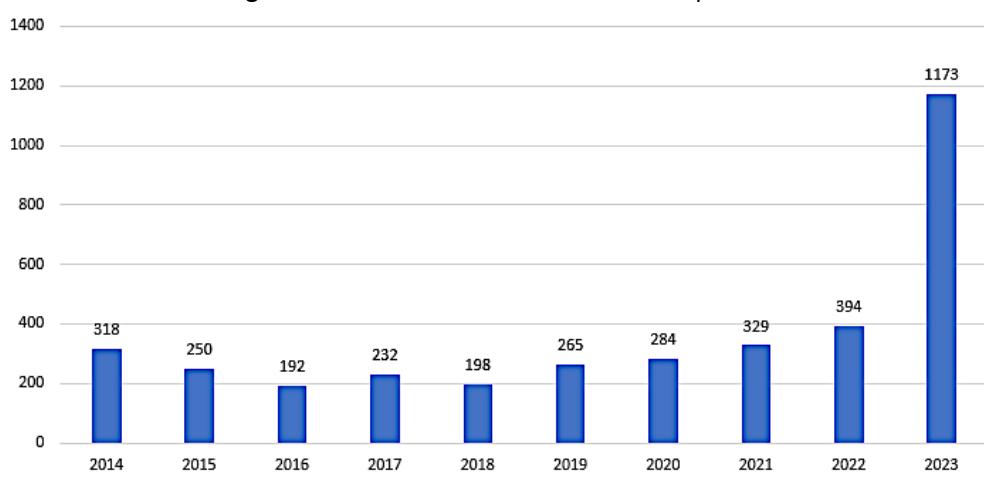
Na Figura 3, \bar{X} é a média das médias das amostras, \bar{R} é a média das amplitudes das amostras, d_2 é a constante de conversão e n é o número de amostras. Assim, o fator de desvio padrão multiplicado por 3 (três) foi acrescentado ou subtraído da média das médias, que é o mesmo Limite Médio de Controle (LM), resultando, respectivamente, no Limite Superior de Controle (LSC) e no Limite Inferior de Controle (LIC).

Por fim, os resultados encontrados foram discutidos. Considerando todas as análises realizadas, as tendências presentes nos incidentes aeronáuticos em solo nacional foram observadas e discutidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, o panorama geral da quantidade de incidentes aeronáuticos no Brasil de 2014 a 2023 é apresentado na Figura 4.

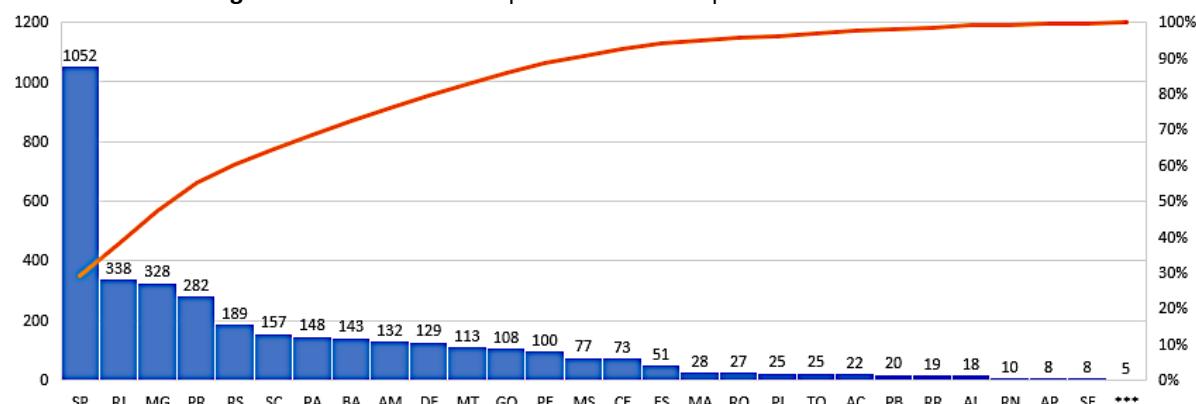
Figura 4. Incidentes Aeronáuticos no Brasil por Ano



Fonte: Autores (2025).

É possível perceber na Figura 4 que, desde 2019, há uma tendência de aumento no número de incidentes aeronáuticos no Brasil. Em 2023, também houve mais um aumento das ocorrências de falha ou mau funcionamento de sistema ou motor, mas o que provocou essa grande diferença em relação ao ano de 2022 foram as colisões com aves, com um crescimento de mais de 20 vezes no número de ocorrências (de 36 em 2022 para 743 em 2023), passando a representar mais da metade dos casos no ano de 2023. A seguir, temos a distribuição desses incidentes por estado sendo apresentada em um gráfico de Pareto (Figura 5).

Figura 5. Gráfico de Pareto para os Incidentes por Estado de 2014 a 2023

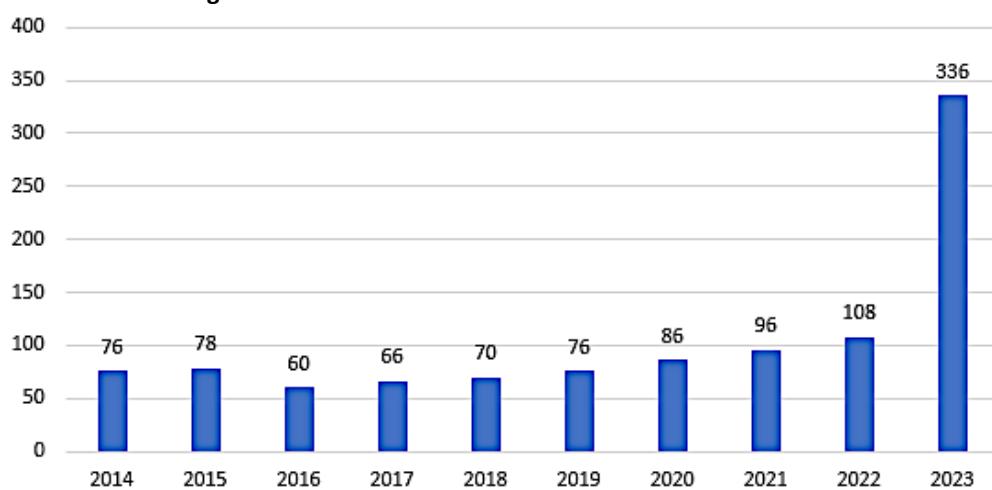


Fonte: Autores (2025).

Os tipos de ocorrência associados à maior parte dos incidentes da Figura 5 foram colisão com ave e falha ou mau funcionamento de sistema/componente. Em estados como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, o fluxo da aviação privada é maior devido ao maior poder aquisitivo da população, por ser o centro financeiro do país.

Mesmo com alguns estados compondo os 80% do Princípio de Pareto na Figura 5, apenas o Estado de São Paulo foi analisado nos próximos gráficos, pela sua representatividade e maior fluxo de voos, tanto comerciais quanto privados. O Estado de São Paulo, apesar de possuir aeroportos mais modernos, com equipamentos de ponta e pessoal especializado, demonstra ser crítico em comparação com os demais. Dado o caráter estratégico do CONAC, recomenda-se a formulação de políticas de ordenação específicas, que considerem a alta complexidade e a aviação privada no estado. O gráfico de incidentes aeronáuticos no Estado de São Paulo por ano (Figura 6).

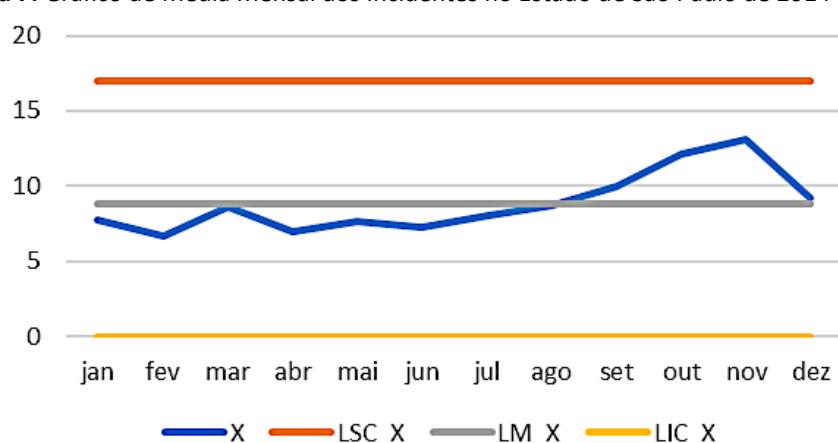
Figura 6. Incidentes no Estado de São Paulo de 2014 a 2023



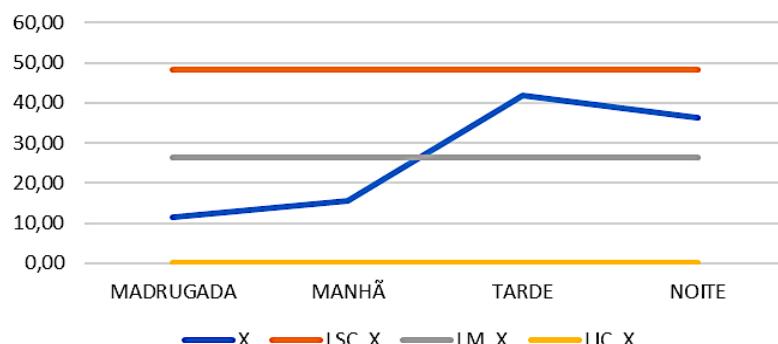
Fonte: Autores (2025).

Na Figura 6, é perceptível que no Estado de São Paulo também há um comportamento semelhante ao panorama nacional, sendo interessante realizar uma análise mais aprofundada para identificar as causas desses incidentes e definir o fator predominante associado. Logo, ao analisar o comportamento desses incidentes mensalmente e por turno, apresenta-se os gráficos de média evidenciados na Figura 7 e na Figura 8, respectivamente.

Figura 7. Gráfico de Média Mensal dos Incidentes no Estado de São Paulo de 2014 a 2023

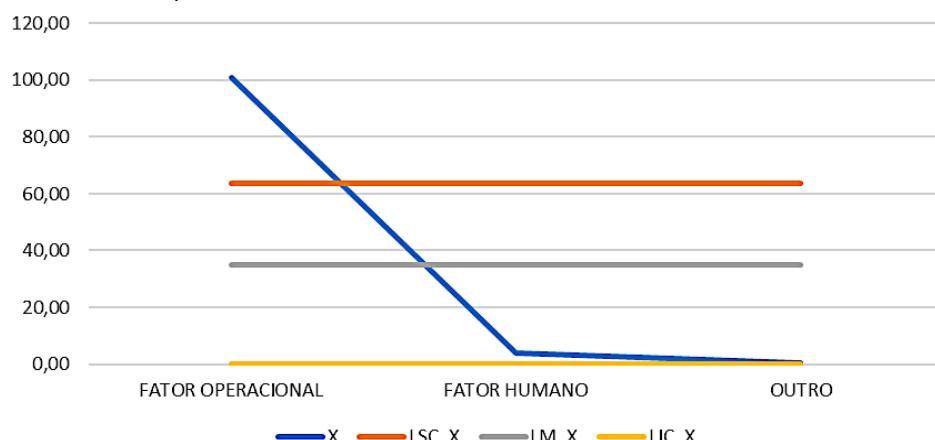


Fonte: Autores (2025).

Figura 8. Gráfico de Média por Turno dos Incidentes no Estado de São Paulo de 2014 a 2023

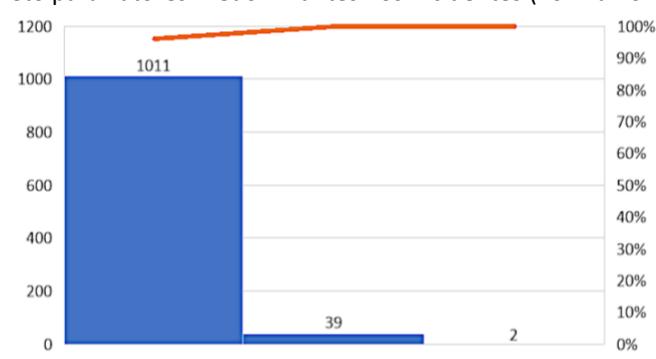
Fonte: Autores (2025).

Na Figura 7, a quantidade média de incidentes no mês de novembro é maior. Já na Figura 8, em média, acontecem mais acidentes no turno da tarde. Mesmo assim, para essas duas análises, temos situações sob controle, dentro dos limites calculados. Vale ressaltar que o Limite Inferior de Controle é sempre igual a 0 (zero) nos gráficos de média do presente trabalho, visto que, quanto menos incidentes; melhor, e o menor valor para a quantidade de incidentes em determinada circunstância, ou seja, o cenário ótimo, seria 0 (zero). Na Figura 9, é apresentado o gráfico de média para a análise dos fatores predominantes.

Figura 9. Gráfico de Média para Fatores Predominantes nos Incidentes de 2014 a 2023 no Estado de São Paulo

Fonte: Autores (2025).

Os fatores materiais não foram classificados como predominantes, e por isso não entraram na análise. O gráfico de média da Figura 9 mostra que os fatores operacionais estão fora de controle. Trata-se de um processo instável, que exige intervenção imediata e uma análise aprofundada para identificar a causa raiz. Para quantificar melhor a representatividade desse fator, temos um gráfico de Pareto (Figura 10).

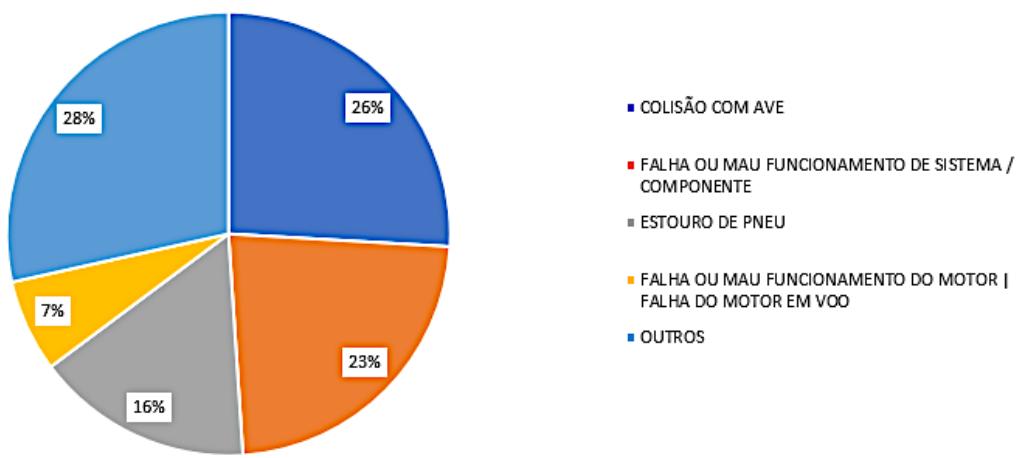
Figura 10. Gráfico de Pareto para Fatores Predominantes nos Incidentes (2014 a 2023) no Estado de São Paulo

Fonte: Autores (2025).

De acordo com a Figura 10, o fator operacional corresponde a cerca de 96% dos fatores predominantes. Assim, faz-se necessária a priorização de ações relacionadas a esse fator, bem como a otimização de recursos e esforços para alcançar melhorias, dada a representatividade acima da relação 80/20. Ademais, o fator operacional exige ações do CENIPA e/ou do SIPAER que investiguem e divulguem as lições aprendidas sobre procedimentos e treinamento. Se a análise do fator operacional identificar falhas no controle do espaço aéreo, a intervenção e o gerenciamento dessas atividades serão responsabilidade direta do DECEA.

A partir dos resultados obtidos na Figura 9 e na Figura 10, com o intuito de identificar a causa raiz e nortear as ações que devem ser tomadas, a Figura 11 apresenta a distribuição percentual dos tipos de ocorrência relacionados aos fatores operacionais.

Figura 11. Distribuição Percentual dos Tipos de Ocorrência Relacionados a Fatores Operacionais em Incidentes no Estado de São Paulo de 2014 a 2023



Fonte: Autores (2025).

Conforme a Figura 11, olhando apenas para o fator operacional, os principais tipos de ocorrência associados ao mesmo, do maior para o menor, são: colisão com ave; falha ou mau funcionamento de sistema/componente; estouro de pneu; e falha ou mau funcionamento do motor | falha do motor em voo. Juntos, esses tipos de ocorrência representam cerca de 72% dos incidentes relacionados aos fatores operacionais, se aproximando do Princípio de Pareto. Os demais tipos de ocorrência com menor representatividade foram agrupados na categoria “outros”.

Considerando o principal tipo de ocorrência relatado, que foram as colisões com ave, Alvarenga (2023) afirma, em conformidade com o Anuário de Risco de Fauna (CENIPA, 2022) que o crescimento da população de aves em áreas urbanas, a ampliação da frota brasileira de aviões, o aumento da malha aeronáutica e a presença de aeronaves mais rápidas e silenciosas no espaço aéreo brasileiro vêm contribuindo para o aumento dessas colisões. Também vale ressaltar que essas colisões com aves são muito mais frequentes na aviação privada, com um baixo número de ocorrências para aeronaves comerciais.

Nesse sentido, para reduzir as colisões com ave, a INFRAERO pode promover a infraestrutura aeroportuária necessária e focar em ações preventivas. A ANAC, por sua vez, deve intensificar a fiscalização e a emissão de regras de segurança nesta área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho aplica o controle estatístico da qualidade nos incidentes aeronáuticos da aviação civil brasileira, para identificar o fator predominante nessas ocorrências, atendendo ao objetivo geral definido inicialmente.

Além disso, algumas tendências presentes nos incidentes aeronáuticos são observadas, como um aumento na quantidade de incidentes nos últimos meses, tanto a nível nacional como no Estado de São Paulo. Gráficos de controle de média são apresentados, e os dados utilizados para a construção dos mesmos são abertos, pertencendo à base de dados do CENIPA. Os resultados obtidos são analisados considerando o aspecto negativo de um incidente aeronáutico, e por isso é adotado o Limite Inferior de Controle igual a 0 (zero). O Princípio de Pareto é utilizado para priorizar problemas, com enfoque no estado de São Paulo. O fator operacional é estimado como o fator predominante nos incidentes analisados, e os principais tipos de ocorrência associados a ele são colisão com ave, falha ou mau funcionamento de sistema/componente, estouro de pneu e falha ou mau funcionamento do motor | falha do motor em voo.

Por fim, é possível concluir que há uma falha em identificar as causas dos incidentes aeronáuticos por parte do CENIPA, já que muitos dos fatores estavam classificados como indisponíveis, principalmente filtrando apenas os incidentes. Ao responder a questão da pesquisa, os fatores que predominam na ocorrência de um incidente aeronáutico são operacionais.

Logo, a partir das informações apresentadas, o CENIPA pode implementar uma solução adequada para reduzir os incidentes aeronáuticos em geral, enfatizando esses incidentes com causa de fator operacional, representando cerca de 96%, enquanto o fator humano tem aproximadamente 4% de predominância, e o fator material tende a 0%, assim como outros fatores.

Uma limitação da pesquisa foi justamente a falta de informações detalhadas sobre os incidentes aeronáuticos na base de dados do CENIPA, de forma a reduzir a confiabilidade da base de dados utilizada, bem como a precisão das informações. Para trabalhos futuros, sugere-se a discussão e o desenvolvimento de soluções que o CENIPA possa implantar para conter o aumento de incidentes aeronáuticos, com enfoque nos fatores operacionais. No momento, os acidentes são o foco dessa preocupação, mas ao lidar com os incidentes, acidentes também podem ser evitados.

REFERÊNCIAS

- Alvarenga, J. (2023). *Brasil tem média de uma colisão entre aviões e pássaros a cada 4h: entenda riscos para aviação comercial*. G1. Recuperado de <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2023/04/05/brasil-tem-media-de-uma-colisao-entre-avioes-e-passaros-a-cada-4h-entenda-riscos-para-aviacao-comercial.htm>
- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). (2025). *Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC)*. Recuperado de <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>
- Brasil. (2000). *Decreto nº 3.564, de 17 de agosto de 2000*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3564.htm
- Brasil. (2001). *Decreto nº 3.954, de 5 de outubro de 2001*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D3954.htm
- Brasil. (2005). *Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm
- Carvalho, G. M. D. S. (2025). *Análise de incidentes no tráfego aéreo no Brasil* (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de computação. PUC Goiás, Goiânia).
- Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). (2022). *Anuário de Risco de Fauna*. Recuperado de <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/risco-da-fauna>



Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. (2024a). *Histórico*. Recuperado de <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/historico>

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). (2024b). *Comissão de Investigação*. Recuperado de <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/artistigos/190-comissao-de-investigacao>

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. (2024c). *Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil Brasileira*. Recuperado de <https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/ocorrencias-aeronauticas-da-aviacao-civil-brasileira>

Corrêa, F. R. (2019). *Gestão da qualidade* (Volume Único). Rio de Janeiro: Fundação Cecierj.

Costa, A. F. B., Epprecht, E. K., & Carpinetti, L. C. R. (2005). *Controle estatístico de qualidade* (2a ed.). São Paulo: Atlas.

Costa, M. C. P. D. M. (2020). Gestão do desempenho e planejamento estratégico institucional—o caso do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Gestão Pública). Escola Nacional de Administração Pública, Brasília.

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Força Aérea Brasileira (2025). *Glossário*. Recuperado de https://www.decea.mil.br/index.cfm?i=utilidade_s&p=glossario&single=2264

dos Santos, R. M., & de Sá Rodrigues, M. (2020). O erro humano na manutenção de aeronaves: fatores causadores e seu impacto para os acidentes aeronáuticas nos últimos 20 anos no Brasil. *Latin American Journal of Business Management*, 11(1).

Ferronato, F., & de Andrade Junior, P. P. (2022). Um estudo de caso sobre cultura do Gerenciamento da Segurança Operacional em Operadores Aéreos do Brasil. *REVES-Revista Relações Sociais*, 5(4), 14658-01e.

Montgomery, D. C. (2009). *Introdução ao controle estatístico de qualidade*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Nardes, J., & Liebl, H. (2025). A incumbência da gestão de riscos e compliancena promoção da segurança operacional no âmbito aeronáutico. *Revista da ESMESC*, 32, 01-24.

Pinto, A. R. de A. P. (2018). *O papel do fator humano nos acidentes aéreos ocorridos no nordeste brasileiro no período de 2006 a 2016* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil. Recuperado de https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/27082/1/DISSE_RTA%c3%87%c3%83O%20FINAL%20-20ANDERSON%20ROG%c3%89RIO%20DE%20A.%20PONTES%20PINTO.pdf

Pinto, V. C. (2008). *O marco regulatório da aviação civil: elementos para a reforma do código brasileiro de aeronáutica* [Texto para Discussão, TD-42]. Senado Federal, Brasília, DF, Brasil. Recuperado de <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-42-o-marco-regulatorio-da-aviacao-civil-elementos-para-a-reforma-do-codigo-brasileiro-de-aeronautica>

Seleme, R., & Stadler, H. (2012). *Controle da qualidade: as ferramentas essenciais*. 2ªedição. Curitiba: Ibpex Editora-Intersaberes

.