



ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

DAVIDSON DA SILVA PAIVA, Major QOAv

Considerações acerca do poder aeroespacial e segurança de voo

Rio de Janeiro
2021

ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA
COORDENADORIA ACADÊMICA
CURSO AVANÇADO DE COMANDO E ESTADO-MAIOR

DAVIDSON DA SILVA PAIVA, Major QOAv

Considerações acerca do poder aeroespacial e segurança de voo

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso Avançado de
Comando e Estado-Maior da Escola de
Comando e Estado-Maior da Aeronáutica.
Linha de Pesquisa: Poder Aeroespacial.
Orientador: Heráclito Moreira de Souza.

Rio de Janeiro
2021

RESUMO

Com inegável importância estratégica, o poder aeroespacial aguça, desde seu início, interesse de vários teóricos e estrategistas militares. Assim, a segurança de voo torna-se essencial. O CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), organização responsável pelas atividades de prevenção e de investigação destas ocorrências, categoriza os fatores que contribuem para as ocorrências em humano, material e operacional. Mesmo em face aos elevados investimentos e desenvolvimento tecnológico, o fator humano continua sendo o mais recorrente dentre os contribuintes, sendo o foco desta pesquisa. Com uma metodologia expositiva-argumentativa, foram utilizados dados do CENIPA no decênio compreendido entre os anos de 2010 e 2019 para analisar, por meio do *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS), o impacto das ocorrências aeronáuticas, que tiveram os fatores humanos como contribuintes, no poder aeroespacial brasileiro. Além disso, foram utilizados procedimentos de pesquisa bibliográfica e documental para fundamentar o objetivo proposto. Esse objetivo foi subdividido em dois, visando os impactos no preparo e no emprego da Força Aérea Brasileira (FAB). Com isso, dentro do universo de ocorrências analisadas na aviação civil, foi possível constatar a dimensão dos fatores humanos nas ocorrências aeronáuticas, atingindo 80%. Ressalta-se que quase a metade representa aquelas que predominam perdas materiais e também de vidas. Assim, através do transbordo estatístico para a aviação militar, concluiu-se que os fatores humanos nas ocorrências aeronáuticas impactam negativamente nas capacidades de preparo e emprego da FAB e, conseqüentemente, no poder aeroespacial.

Palavras-chave: Fator humano; HFACS; Poder aeroespacial; Segurança de voo.

ABSTRACT

With undeniable strategic importance, aerospace power has, since its inception, piqued the interest of many military theorists and strategists. Thus, flight safety becomes essential. CENIPA (Center for Investigation and Prevention of Aeronautical Accidents), the organization responsible for the activities of prevention and investigation of these occurrences, categorizes the factors that contribute to human, material and operational occurrences. Even in the face of high investments and technological development, the human factor remains the most recurrent among contributors, being the focus of this research. With an argumentative expository methodology, data from CENIPA in the decade between 2010 and 2019 were used to analyze, through the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), the impact of aeronautical events, which had human factors as contributors, in Brazilian aerospace power. In addition, bibliographic and documentary research procedures were used to support the proposed objective. This objective was subdivided into two, aiming at the impacts on the preparation and employment of the Brazilian Air Force (FAB). Thus, within the universe of occurrences analyzed in civil aviation, it was possible to verify the dimension of human factors in aeronautical occurrences, reaching 80%. It is noteworthy that almost half represent those that predominate material losses and also lives. Thus, through the statistical transfer to military aviation, it was concluded that human factors in aeronautical occurrences negatively impact the preparation and employment capabilities of the FAB and, consequently, the aerospace power.

Keywords: *Human factor; HFACS; Aerospace power; Flight safety.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tráfego aéreo no Brasil entre 2010 e 2020.....	10
Figura 2 – Contribuição dos fatores humanos e materiais ao longo do tempo.....	14
Figura 3 – Teoria do “Queijo Suíço” de Reason (adaptado).....	16
Figura 4 – Taxa de acidentes na aviação da Marinha americana relacionados unicamente a fatores materiais e a fatores humanos.....	17
Figura 5 – Teoria do "Queijo Suíço" adaptado ao HFACS.....	18
Figura 6 – HFACS de Shappell e Wiegmann.....	20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Principais fatores contribuintes na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.	21
Gráfico 2 – (CENIPA) Ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.	22
Gráfico 3 – (HFACS) Ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.	23
Gráfico 4 – Ocorrências aeronáuticas registradas no Brasil entre 2010 e 2019.	27
Gráfico 5 – Acidentes aeronáuticos registrados no Brasil entre 2010 e 2019.	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

CACEM – Curso Avançado de Comando e Estado-Maior

CENIPA – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

COMAER – Comando da Aeronáutica

C2ISR – *Command and Control, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*

DCA – Diretriz do Comando da Aeronáutica

END – Estratégia Nacional de Defesa

FA – Forças Armadas

FAB – Força Aérea Brasileira

HFACS – *Human Factors Analysis and Classification System*

HVAA – *High-Value Airborne Assets*

MCA – Manual do Comando da Aeronáutica

MD – Ministério da Defesa

RAF – *Royal Air Force*

SIPAER – Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

TO – Teatro de Operações

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	METODOLOGIA	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Teoria do “Queijo Suíço” – O modelo de James Reason	15
3.2	<i>Human Factors Analysis and Classification System – HFACS</i>	17
4	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	21
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Os aviadores e teóricos do poder aéreo Billy Mitchell (2009) e Giulio Douhet (1988) sustentavam que o estratégico poder isoladamente poderia vencer guerras. Trata-se muito mais do que apenas lançar bombas, disparar mísseis ou coletar inteligência, sendo um instrumento essencial de qualquer nação. Pode ser utilizado para expressar militarmente sua vontade, quando e onde necessário, mas necessita de capacidades adequadas para tal. É bem verdade que, em várias situações, a presença física das forças de superfície no terreno continuará sendo necessária, mas a quantidade dimensionada poderá ser menor, facilitando sobremaneira o deslocamento para a área de interesse.

O poder aeroespacial também está presente nas situações de calamidade pública, levando auxílio rápido e preciso para as vítimas, significando a capacidade de um país em termos logísticos e, em decorrência, uma real ferramenta de dissuasão. Ninguém nega sua importância estratégica. Intrinsecamente à importância está o planejamento estratégico. Apesar de presumíveis de advir, é inadmissível pensar que as ocorrências aeronáuticas não têm impacto estratégico no poder aeroespacial.

Neste sentido, para entender melhor o cerne desta pesquisa, faz-se mister compreender o poder aeroespacial e as ocorrências aeronáuticas.

O poder aéreo surgiu na Primeira Guerra Mundial e sobressaiu na Segunda Guerra Mundial. Mais tarde, durante a Guerra Fria, a corrida espacial ampliou esse espectro de poder, transformando-o em poder aeroespacial.

De acordo com a DCA 1-1 – Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (BRASIL, 2020a) –, o poder aeroespacial é conceituado como o resultado da integração dos recursos de que a nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e exterior, em ações políticas e militares, visando conquistar e manter os objetivos nacionais.

A Força Aérea Brasileira (FAB) é o vetor mais importante do poder aeroespacial brasileiro, que contempla ainda a infraestrutura, indústria e complexo científico-tecnológico aeroespaciais, recursos humanos especializados, os vetores aéreos das outras forças singulares e aviação civil. Corroborando, ressalta-se o que preconiza a END – Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020b) – vinculando a aviação civil e suas aeronaves como força do poder aeroespacial, mitigando as possíveis vulnerabilidades na Defesa Nacional, até mesmo ampliando suas capacidades.

Fazendo um paralelo entre aviação militar, aviação civil, segurança de voo e poder aeroespacial; ao se transladar os conhecimentos da aviação civil, transformar-se-ão em ensinamentos que, em sinergia, permitirão aos operadores, sejam eles civis ou militares, trabalhar ações proativas possibilitando o incremento ainda maior da segurança do setor aéreo e, por conseguinte, contribuindo para o poder aeroespacial.

Conseqüentemente, deve haver uma manifestação organizacional de doutrina de emprego segura, eficaz e eficiente, pois assim esperam os planejadores da guerra.

Dando continuidade ao cerne desta pesquisa, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), órgão do Comando da Aeronáutica (COMAER) que tem como missão promover a prevenção de acidentes aeronáuticos, preservando os recursos humanos e materiais e visando ao progresso da aviação brasileira, define em seu Manual de Investigação do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (BRASIL, 2017) que ocorrência aeronáutica é qualquer evento envolvendo aeronave que pode ser classificado como acidente aeronáutico, incidente aeronáutico grave, incidente aeronáutico ou ocorrência de solo.

Para um eficaz planejamento estratégico, é de extrema importância a utilização máxima dos meios aéreos e de pessoal técnico disponíveis. Destarte, toda e qualquer ação que vise a diminuição de perdas humanas e materiais, seja em paz ou em conflito, contribuirá estrategicamente para uma maior efetividade do poder aeroespacial e, por conseguinte, para a consecução dos objetivos nacionais brasileiros.

A maioria dos acidentes na aviação não ocorre por causas isoladas. Eles são resultados de uma série de eventos que, frequentemente, culminam com ações inseguras da tripulação. Nas investigações realizadas pelo CENIPA, os fatores contribuintes são analisados e agrupados em humano, material ou operacional.

Vários são os fatores que podem contribuir para as ocorrências aeronáuticas. O foco do objetivo geral desta pesquisa recai sobre os fatores humanos, sendo essencial entender o problema gerado por eles no nível estratégico.

Desta feita, Reason (1990) foi um dos expoentes nos estudos destes fatores ao criar a Teoria do “Queijo Suíço”, contudo Shappell e Wiegmann (2003) ampliaram esse espectro com o *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS). Com os dados estatísticos disponíveis no site do CENIPA, foi utilizado o HFACS para analisar de que maneira as ocorrências aeronáuticas, que tiveram os fatores humanos como contribuintes, impactam no poder aeroespacial brasileiro.

Tendo em vista que o HFACS amplia a abordagem dos fatores humanos e as ocorrências aeronáuticas continuam a acontecer, mesmo com pilotos experientes e com aeronaves cada vez mais avançadas tecnologicamente, foi abordada a hipótese de que os fatores humanos impactam negativamente no poder aeroespacial brasileiro.

Por fim, para melhor lograr êxito, didática, gradual e sequencialmente; foram verificados os impactos das ocorrências aeronáuticas no preparo e no emprego da FAB, analisando metodologicamente os dados estatísticos do CENIPA por meio do HFACS.

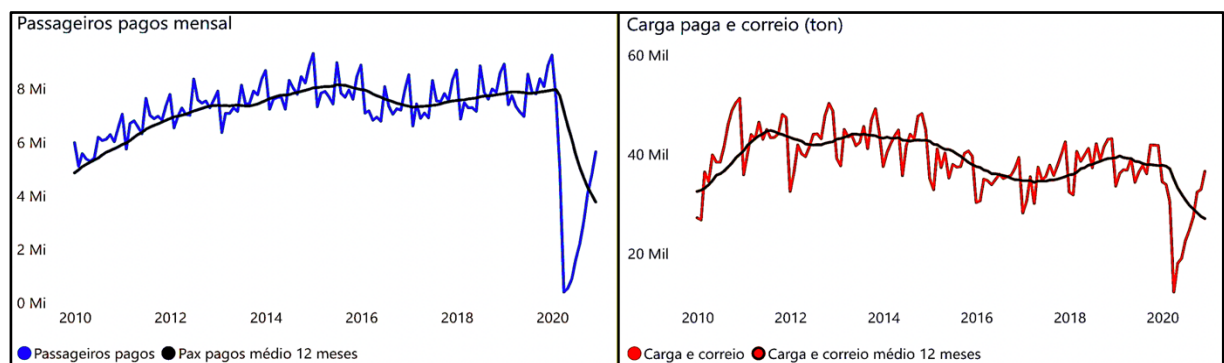
2 METODOLOGIA

Primeiramente, utilizando-se de dados secundários, ou seja, já existentes; este trabalho objetiva discutir de forma descritiva, com linguagem expositiva-argumentativa, os objetivos propostos. Descritiva, pois retrata fatos e fenômenos da realidade na aviação brasileira. Expositiva-argumentativa, pois explanará o conceito do tema e utilizará os argumentos para defender a ideia central, apresentando o impacto estratégico no poder aeroespacial.

Desta feita, o universo pesquisado foi no Brasil, compreendendo as ocorrências aeronáuticas no decênio entre os anos de 2010 e 2019, com foco nos fatores humanos.

Não foram utilizados os dados do ano de 2020 tendo em vista a diminuição das atividades aéreas devido à pandemia mundial do coronavírus. Conforme a Figura 1, percebe-se a queda dos indicativos na aviação no Brasil, também ocorrida em todo o mundo. Com isso, o ano de 2020 não traz dados confiáveis em termos estatísticos para a finalidade deste trabalho.

Figura 1 – Tráfego aéreo no Brasil entre 2010 e 2020.



Fonte: ANAC (2021).

Um dos expoentes a estudar sobre os fatores humanos nos acidentes aéreos foi o britânico James Reason que, em 1990, desenvolveu a teoria do “Queijo Suíço” com o intuito de aferir as causas latentes e reduzir o erro humano como contribuinte. Para Reason (1990), os seres humanos contribuem para as falhas de um sistema complexo, como a aviação, a ponto de produzir um acidente aeronáutico.

Contudo, Shappell e Wiegmann (2003), sentindo necessidade de ampliar o escopo dos fatores humanos, criaram o *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS). Neste novo sistema de classificação e análise, os autores apontam a importância da variável organizacional como condição para o erro humano.

Desse modo, ressalta-se que a utilização sistêmica do HFACS complementa a abordagem individual dos fatores humanos da teoria de Reason (1990), justificando sua escolha para este estudo alvitrado.

Assim sendo, foram analisados os dados estatísticos das ocorrências aeronáuticas no interregno proposto, coletados no Painel SIPAER – Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – do CENIPA.

Inicialmente, foram identificados os fatores contribuintes pela classificação atual do CENIPA. Sequencialmente, utilizando o HFACS, esses dados foram reagrupados para que, de forma comparativa, fosse identificada a maior amplitude desses fatores, para confirmar o estudo sugerido por Shappell e Wiegmann (2003).

Esses dados preliminares serviram para iniciar o atingimento do objetivo geral deste trabalho, qual seja: analisar de que maneira as ocorrências aeronáuticas motivadas por fatores humanos impactam no poder aeroespacial brasileiro, comprovando ou refutando a hipótese abordada.

Contudo, para se chegar definitivamente a este propósito, foram sugeridos dois objetivos específicos com o fito de alinhar a pesquisa à uma conclusão lógica.

O primeiro objetivo específico foi estabelecido para analisar em que medida os fatores humanos envolvidos nas ocorrências pesquisadas podem degradar as capacidades do preparo da FAB, como treinamentos, exercícios simulados etc.

Tão importante quanto o preparo, está o emprego da FAB. Sequencialmente, um segundo objetivo específico foi proposto, com o viés de analisar em que medida as ocorrências aeronáuticas que tiveram os fatores humanos como contribuintes podem impactar no emprego do poder aeroespacial brasileiro, tendo em vista as possíveis perdas material e humana.

Para alcançar estes objetivos específicos, previamente foram realizadas pesquisas documentais com a intenção de melhor compreender os conceitos e as diretrizes estratégicas estabelecidas pelo Ministério da Defesa (MD), com foco nos conceitos do preparo e do emprego da FAB, bem como na segurança de voo.

Neste cenário, foi explorada a END, com as destinações constitucionais e atribuições das Forças Armadas (FA) na guerra e na paz. Foi destacado que, no nível estratégico, toda atividade voltada para a melhoria dos índices de segurança de voo contribui positivamente para a consecução dos objetivos nacionais e, como efeito, para o poder aeroespacial brasileiro.

Em complemento, ao examinar a DCA 1-1, também foi possível destacar os princípios e os conceitos que orientam o preparo e o emprego da FAB.

No preparo, destacam-se as atividades para a construção de capacidades, como treinamento e instrução, formação, especialização e manutenção operacional. Essas atividades qualitativas preocupam-se com os aspectos da realidade, centrando-se na compreensão e na explicação da dinâmica das relações sociais, trabalhando com o universo de significados, motivos, crenças, valores e atitudes. Notadamente possuem o fator tempo como limitador, uma vez que compreendem ações demoradas para serem concluídas.

Outro ponto a se destacar é o fator quantitativo, uma vez que a construção das capacidades na aviação requer, obrigatoriamente, meios materiais e humanos.

Para corroborar, foram analisados os índices das fatalidades nas ocorrências aeronáuticas para possibilitar uma melhor avaliação do impacto das perdas humanas no preparo da FAB, bem como os índices de perdas materiais, notadamente nos acidentes e nos incidentes graves.

Quanto ao emprego, estão as atividades para a aplicação do poder, como operações, simuladas ou reais, manobras, exercícios singulares ou conjuntos etc.

Para exemplificar a visão do planejador aéreo, foi explorada sucintamente a importância estratégica do poder aeroespacial, com a segurança de voo das aeronaves de alto valor durante a Operação *Desert Storm*, ocorrida em 1991 no Iraque, e na "*Berlin Airlift*", no início da Guerra Fria.

Em adição, baseando-se na END, foi ressaltado também o uso da aviação civil em uma hipótese de emprego. Desta forma, dados estatísticos da aviação civil podem ser trasladados para a militar visando fomentar as atividades de prevenção.

Desta feita, seguindo esses passos descritos anteriormente, foi possível operacionalizar adequadamente todos os requisitos para o cumprimento dos objetivos desta pesquisa, com a apresentação dos dados a coletar, as técnicas e os instrumentos de coleta de dados e análise dos mesmos, por meios das devidas quantificações e qualificações do universo estudado.

Neste sentido, cabe destacar que toda e qualquer ferramenta que vise a prevenção de ocorrências aeronáuticas, direta e indiretamente, seja em tempos de paz ou em guerra, contribuirá estrategicamente para o poder aeroespacial brasileiro, uma vez que o planejador assim necessita: empregar toda a gama de meios aéreos disponíveis de forma eficiente e eficaz para a consecução dos objetivos nacionais.

Os resultados obtidos da amostra do interregno temporal proposto por esta pesquisa poderão subsidiar o COMAER para tomar medidas proativas, no preparo e no emprego da FAB, priorizando a diminuição das ocorrências aeronáuticas, preservando vidas e meios aéreos, tão preciosos e valiosos para a nação brasileira.

Por último, como limitação a esta pesquisa, sobressaem as diferenças peculiares entre as aviações civil e militar, bem como a restrição do uso dos dados estatísticos da aviação militar. Todavia, para a consecução dos objetivos propostos, foram possíveis utilizar, de forma didática e holística, dados específicos da estatística da aviação civil – de domínio público e disponíveis no Painel SIPAER do CENIPA). Com isso, por meio do transbordamento de conhecimentos aeronáuticos, foi exequível interpretá-los e aplicá-los na aviação militar por meio do uso adequado e metodológico dos referenciais teóricos de fatores humanos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Mesmo com os altos investimentos, o índice “zero acidente aeronáutico” continua sendo um objetivo a ser atingido, e o ser humano é o ponto crítico.

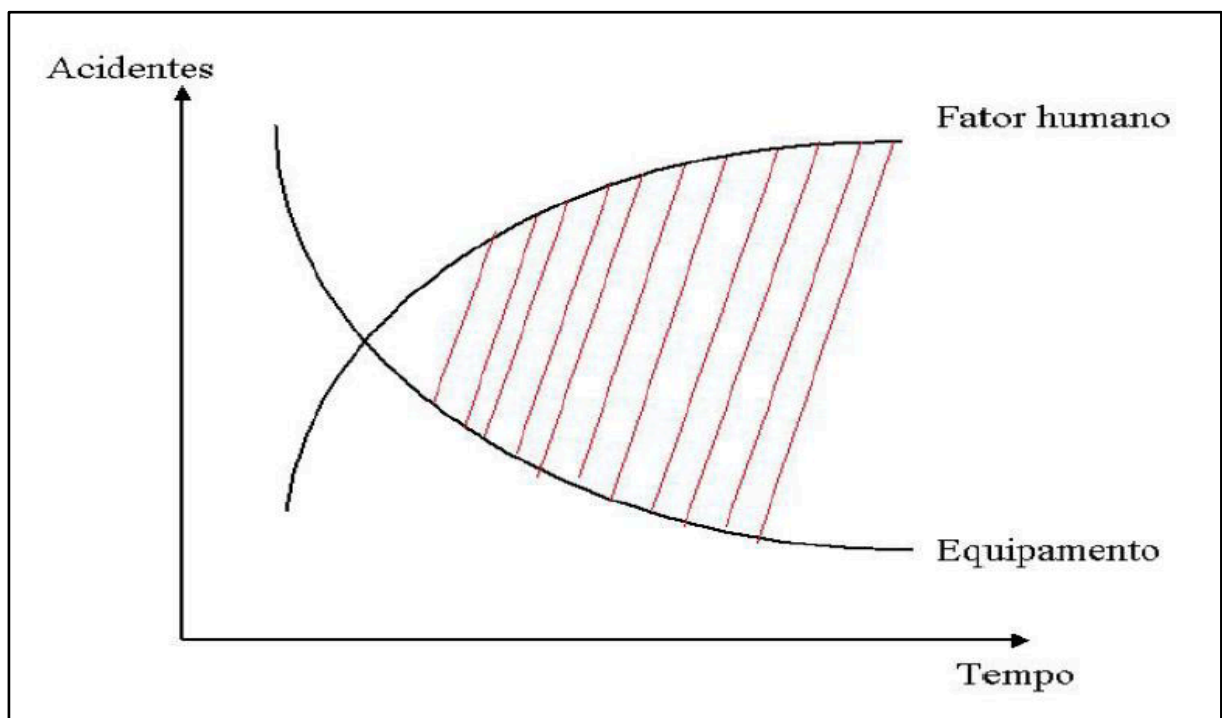
Com altos valores estatísticos, os fatores humanos devem ser o foco das ações relacionadas à prevenção. Ao analisar a DCA 11-45 – Concepção Estratégica Força Aérea 100 (BRASIL, 2018a, p. 38) –, fica evidente que “O fator humano permanece no centro das prioridades da FAB. Essa é a razão pela qual o plano estratégico da Força Aérea identifica esta perspectiva como um caminho essencial [...]”.

Ainda neste viés, a Doutrina Básica da FAB (BRASIL, 2020a) evidencia a segurança como um dos princípios de guerra, caracterizado por medidas que reduzam vulnerabilidades e assegurem a disponibilidade dos meios aéreos e dos recursos humanos. Assim, a doutrina de emprego do poder aeroespacial, diretamente relacionada à atividade aérea, deve ser pautada na segurança de voo.

Desde os primórdios da aviação, os acidentes e incidentes estão presentes. Contudo, é de se esperar que, com o passar do tempo e das investigações, os equipamentos fossem corrigidos, melhorados e aperfeiçoados. Deveras isso realmente aconteceu. Nos últimos anos, as ocorrências aeronáuticas que tiveram os fatores materiais como contribuintes decresceram. Todavia, quando se observa os fatores humanos, o cenário não foi o mesmo.

Santi (2009) corrobora com este fato ao destacar que, no passado, a quantidade de acidentes causados pela máquina era bem maior se comparada aos causados pelos fatores humanos, conhecidos como “erro do piloto”. O autor destaca que, na atualidade – com a evolução tecnológica e o incremento de novas técnicas e processos – houve uma diminuição drástica dos contribuintes materiais, o que fez aumentar a proporção do fator humano e material (equipamento), conforme Figura 2.

Figura 2 – Contribuição dos fatores humanos e materiais ao longo do tempo.



Fonte: Santi (2009, p. 6).

Os “erros do piloto” foram pesquisados e analisados em todo o mundo. Nestes estudos, percebeu-se que vários foram os fatores que influenciaram ou induziram esses erros, como deficiências de projetos, manutenção inadequada, condições ambientais, manuseio de material, julgamento de pilotagem dentre outros.

Um dos primeiros modelos a tratar os erros humanos foi proposto pelo britânico James Reason (1990). Com seus estudos, desenvolveu a Teoria do “Queijo Suíço”, que permite uma boa compreensão do erro humano, sendo muito utilizada até hoje na investigação de acidentes aeronáuticos em todo o mundo.

3.1 Teoria do “Queijo Suíço” – O modelo de James Reason

O Fator Humano compreende o homem sob o ponto de vista biopsicossocial em seus aspectos médico, como fisiologia (carga de trabalho, fadiga, orientação espacial, hipóxia, dentre outras) e aspectos psicológicos, como condicionantes individuais (atitudes, motivação, percepção, memória, atenção, estado emocional e processo decisório), psicossociais (comunicação, relações interpessoais, dinâmica da equipe, influências externas e cultura do grupo de trabalho), organizacionais e sociotécnicos (capacitação e treinamento, organização do trabalho, as características da tarefa, as condições físicas do trabalho, o clima e a cultura organizacional, os processos organizacionais e de gestão de pessoas e os sistemas de apoio).

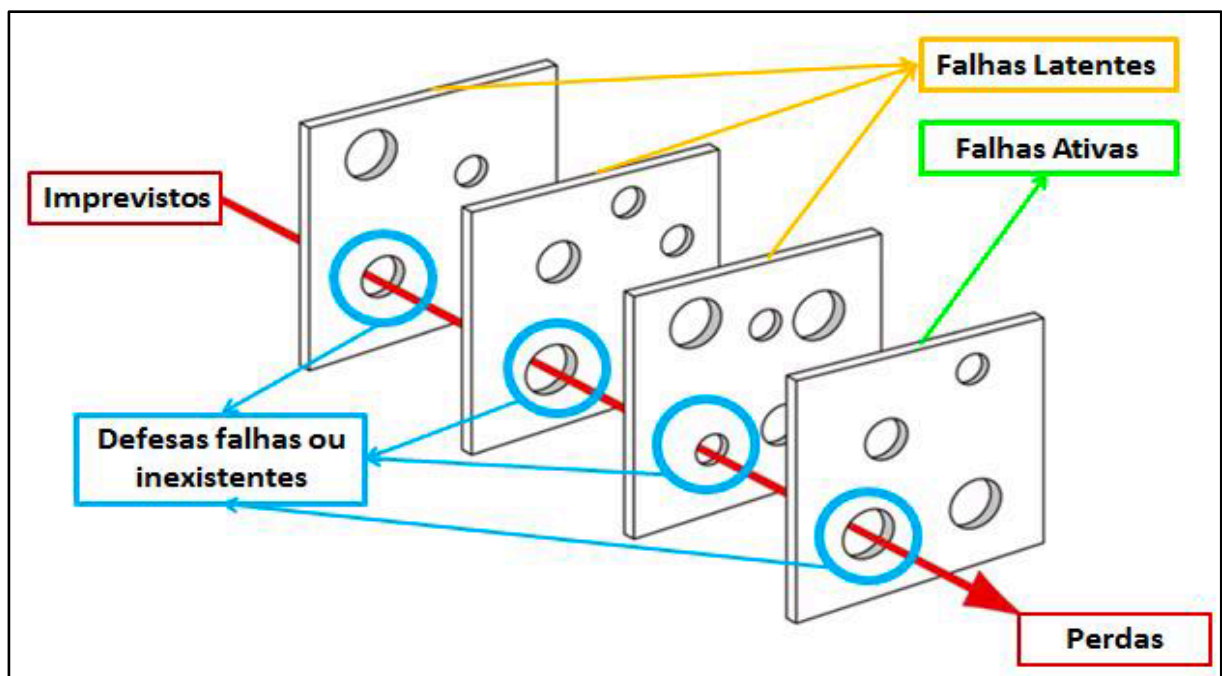
Reason (1990) afirma que as falhas ativas têm forte influência na ocorrência de acidentes e que poderiam ser estudadas sob dois aspectos importantes: aproximação pessoal e aproximação do sistema, em que cada um possui um modelo próprio de causa de erros e, conseqüentemente, uma metodologia individual de gerenciamento.

A aproximação pessoal tem como foco principal os erros ativos, erros e violações de procedimentos; como os esquecimentos, falta de atenção, imprudência e negligência, e, assim, a prevenção está centrada nos comportamentos humanos.

Na aproximação do sistema considera-se que, mesmo nas melhores organizações, os humanos falham, e os erros são esperados. Nestes casos, os erros são vistos como conseqüências e não como causas, com origem nem sempre na natureza perversa do ser humano, mas em fatores sistêmicos que estão acima dele. As medidas de segurança levam em consideração que não se pode modificar a natureza humana, todavia é possível alterar as condições de trabalho.

No contexto do poder aeroespacial, o objetivo é proteger os recursos humanos e os meios aéreos. A ideia central é utilizar defesas que garantam a segurança. Essas barreiras funcionam bem, mas podem apresentar falhas individuais ou sistêmicas (REASON, 1990). Cada um dos níveis das barreiras, defesas ou salvaguardas deveriam funcionar, mas, em alguns momentos, elas se parecem com um queijo suíço, contendo buracos representando as falhas. Estas falhas, em apenas um único nível, não trazem tanto perigo, porém, quando ocorre um alinhamento nos diversos níveis de proteção, cresce a possibilidade da ocorrência aeronáutica, conforme Figura 3.

Figura 3 – Teoria do “Queijo Suíço” de Reason (adaptado).



Fonte: Adaptado de Reason (1990).

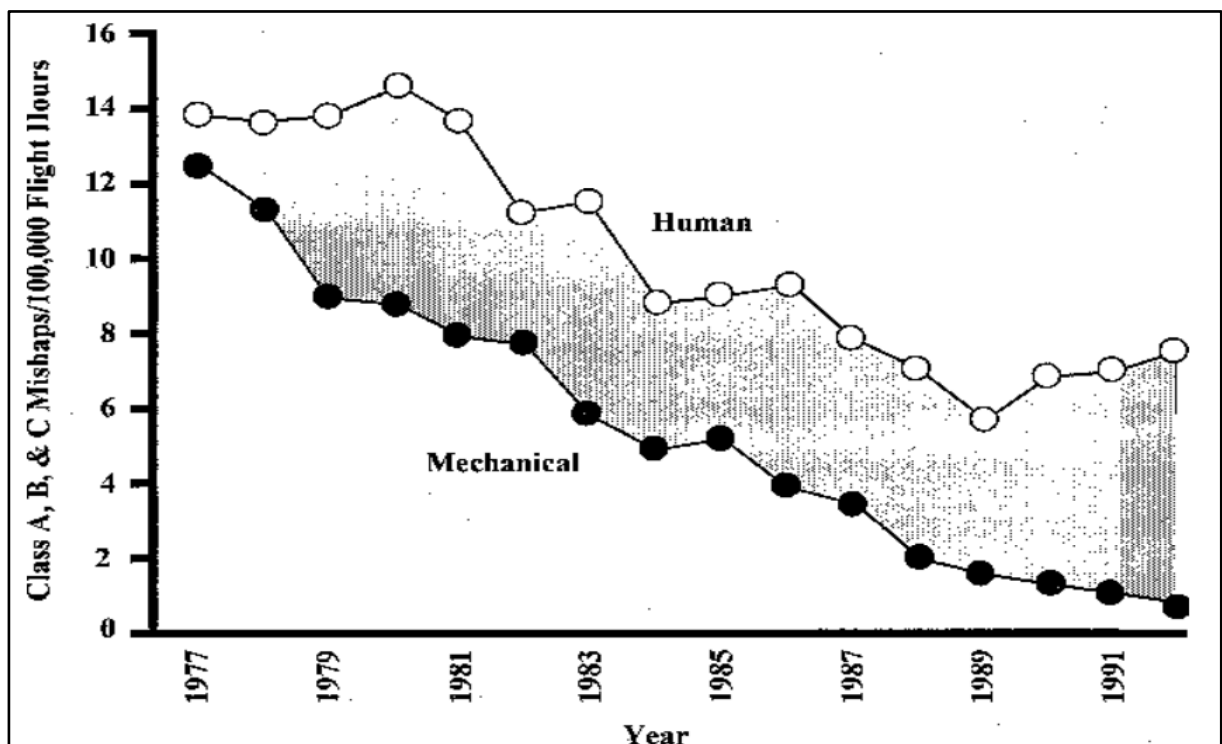
As falhas latentes podem permanecer inativas no sistema por anos antes de se combinarem com falhas ativas e provocarem acidentes. Ao contrário das ativas, que são mais difíceis de serem previstas, as falhas latentes podem ser identificadas e corrigidas antes da ocorrência de um evento adverso. Toda tecnologia possui barreiras e salvaguardas e, quando um evento adverso ocorre, o importante não é quem cometeu o erro, mas por qual motivo as defesas falharam. Portanto, a Teoria do “Queijo Suíço” se fundamenta também na influência de complexos sistemas sobre o ser humano, como é o caso do aparato da automação na aviação, tão estudado e priorizado nas filosofias ergonômicas dos fabricantes de aviões mundo a fora.

Reason (2005) defende que, antes de considerar os operadores como principais causadores das ocorrências, faz-se necessário compreendê-los como herdeiros de defeitos sistêmicos. De forma geral, as ocorrências são investigadas para que as lições aprendidas sejam divulgadas e, assim, futuros acidentes sejam evitados. Desta feita, foi utilizada uma segunda fundamentação teórica, que sustenta a abordagem do erro humano de Reason (2005), porém a complementa com maior amplitude: HFACS.

3.2 Human Factors Analysis and Classification System – HFACS

Em 1992, analisando as ocorrências aeronáuticas na Marinha norte-americana entre os anos de 1977 e 1991, Shappell e Wiegmann (2003) apresentaram graficamente a queda da contribuição do fator material, que não foi acompanhada proporcionalmente pelos fatores humanos, conforme Figura 4. Os autores sugerem em suas conclusões que, no passado, as intervenções foram focadas nos equipamentos e não dos humanos.

Figura 4 – Taxa de acidentes na aviação da Marinha americana relacionados unicamente a fatores materiais e a fatores humanos.

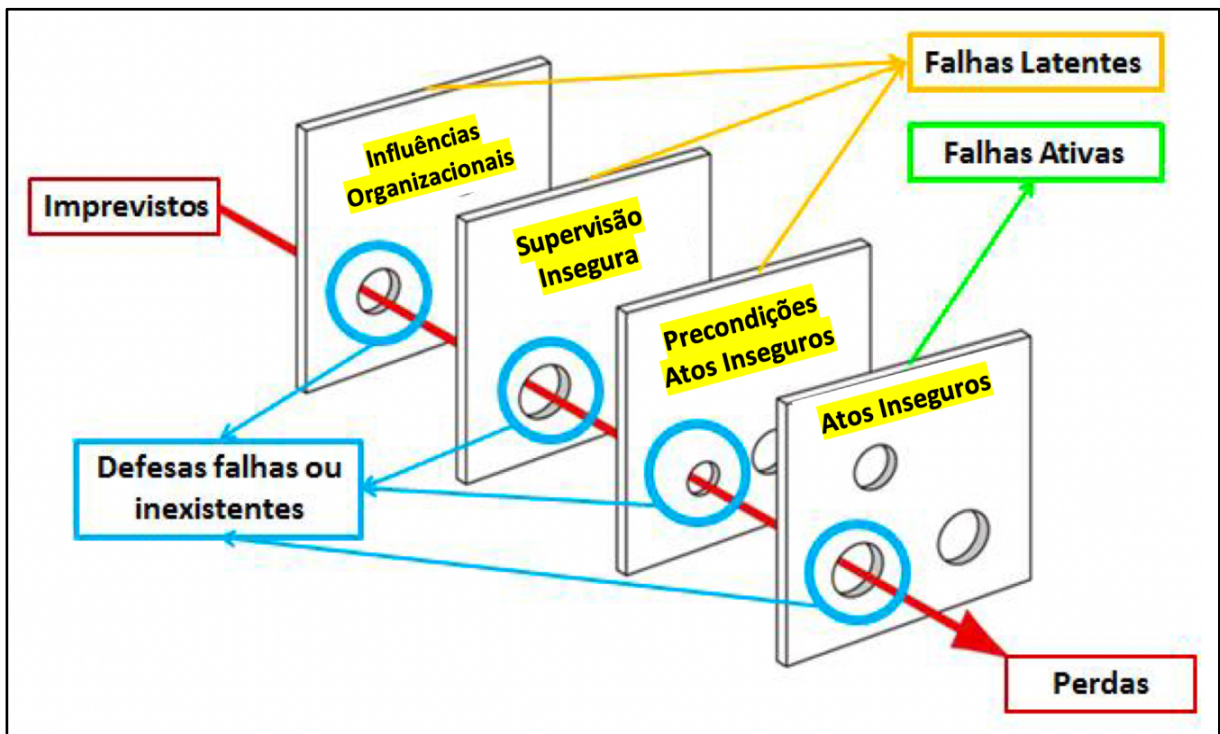


Fonte: Shappell e Wiegmann (2003).

A Figura 4 é um retrato da evolução da confiabilidade da tecnologia aeronáutica com o passar dos anos, bem como uma evidência inicial de que a maioria das causas dos acidentes atuais pode ser atribuída ao homem.

Shappell e Wiegmann (2003) explicam e comprovam em sua teoria que, em cerca de 70 a 80% de todos os acidentes da aviação civil e militar, o erro humano tem sido o responsável. Desta feita, o método HFACS, inicialmente criado para investigar acidentes na aviação militar norte-americana, complementa Reason, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Teoria do "Queijo Suíço" adaptado ao HFACS.



Fonte: Adaptado de Shappell e Wiegmann (2000).

Sobreda e Soviero (2011) destacam a habilidade para investigar, identificar e classificar os fatores humanos que contribuem para as causas dos acidentes e incidentes aéreos, visando o estabelecimento de defesas para impossibilitar que os “erros humanos” se repitam ou se propaguem. Observa-se que, na atualidade, há uma tendência na utilização de modelos baseados na abordagem organizacional, como o HFACS, para análise e investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos, complementando o modelo de Reason (1990) que é baseado na abordagem individual.

O sistema HFACS tem quatro níveis de falhas humanas, onde cada nível corresponde às várias contribuições para o acidente, conforme descrito por Reason (1990) em sua teoria. Shappell e Wiegmann (2003) denominam estes quatro níveis como: influências organizacionais, supervisão insegura, pré-condições para atos inseguros, e atos inseguros. A estrutura do HFACS é assim descrita:

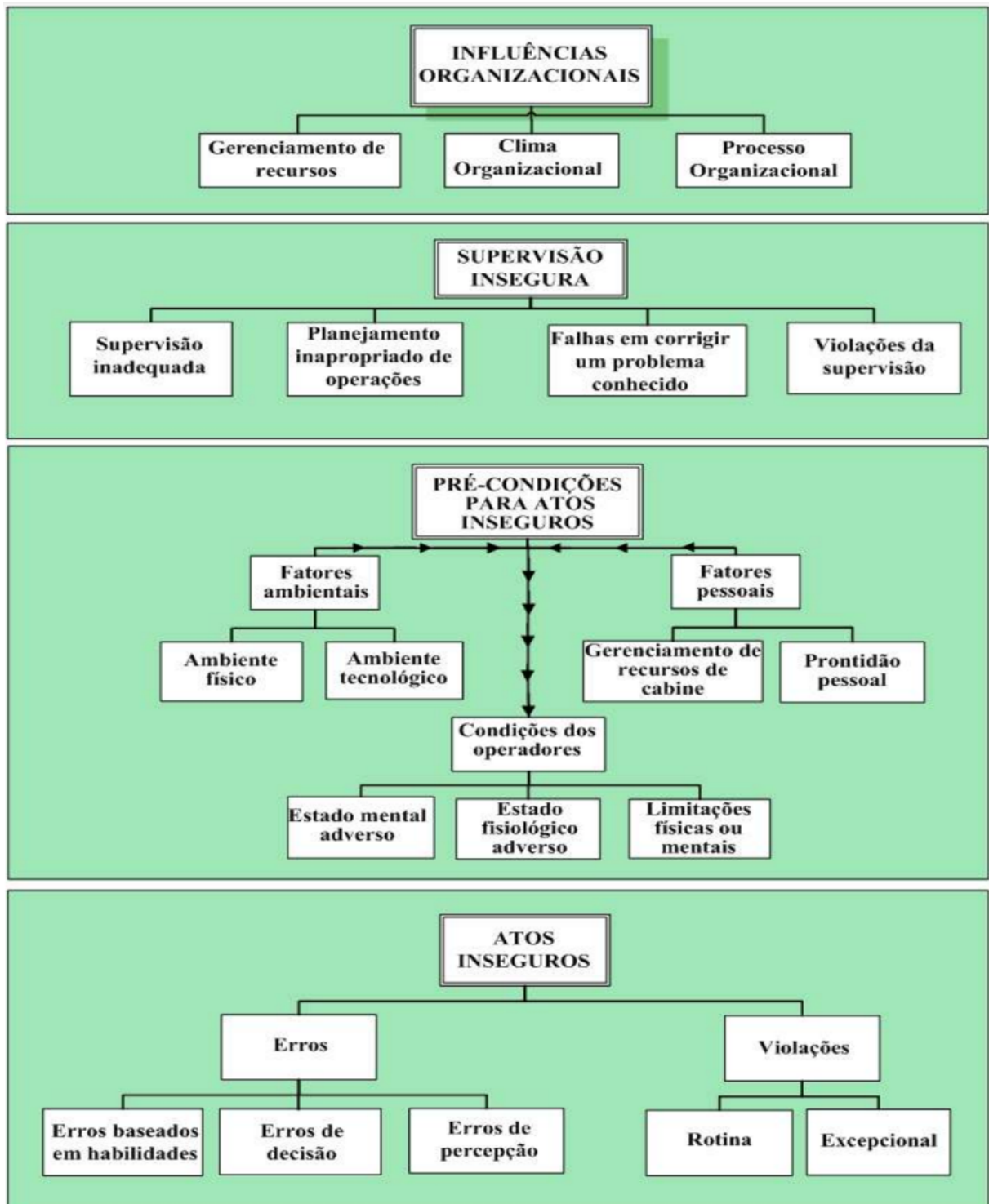
- a) influências organizacionais: infelizmente, esses erros são difíceis de serem percebidos pelos profissionais da segurança devido à falta de um sistema bem definido para investigá-los. São as falhas gerenciais que podem afetar as condições e as ações dos operadores, bem como a supervisão;
- b) supervisão insegura: falhas nas garantias das condições para o sucesso, como orientação, treinamento, liderança e motivação, não permitindo a função de qualquer supervisor, que é proporcionar condições para o sucesso;
- c) pré-condições para atos inseguros (erros ativos): os autores apresentaram duas grandes subdivisões relacionadas às Pré-condições para erros ativos: condições precárias dos operadores, relacionadas aos tripulantes (como estado mental, fisiológico e limitações físicas e mentais), e práticas precárias dos operadores (como má gestão dos recursos da tripulação e preparo);
- d) atos inseguros (erros ativos): erros (decisão, habilidade e percepção) e violações (regras). Para distinguir entre erros e violações, os autores destacam que os erros podem ser vistos como inconscientes, como falta de atenção e falha de memória, sendo habituais e relacionados às habilidades.

A literatura tem mostrado os resultados positivos da aplicação do HFACS como recurso de investigação de acidentes na aviação. Sua aplicação fornece aos investigadores uma ferramenta amigável que pode identificar e classificar as causas humanas nas ocorrências aeronáuticas, encurtando a distância entre a teoria de Reason e a prática de pesquisa (SHAPPELL; WIEGMANN, 2003).

Diante do supracitado, ressalta-se a relevância do HFACS, que é, ainda, o sistema mais atualizado e completo para os estudos dos fatores humanos na aviação.

Em suma, o HFACS amplia os possíveis fatores humanos que podem contribuir para as ocorrências aeronáuticas, abordando o erro humano em todos os níveis do sistema, sendo assim mais abrangente que a teoria de Reason, conforme a Figura 6.

Figura 6 – HFACS de Shappell e Wiegmann.



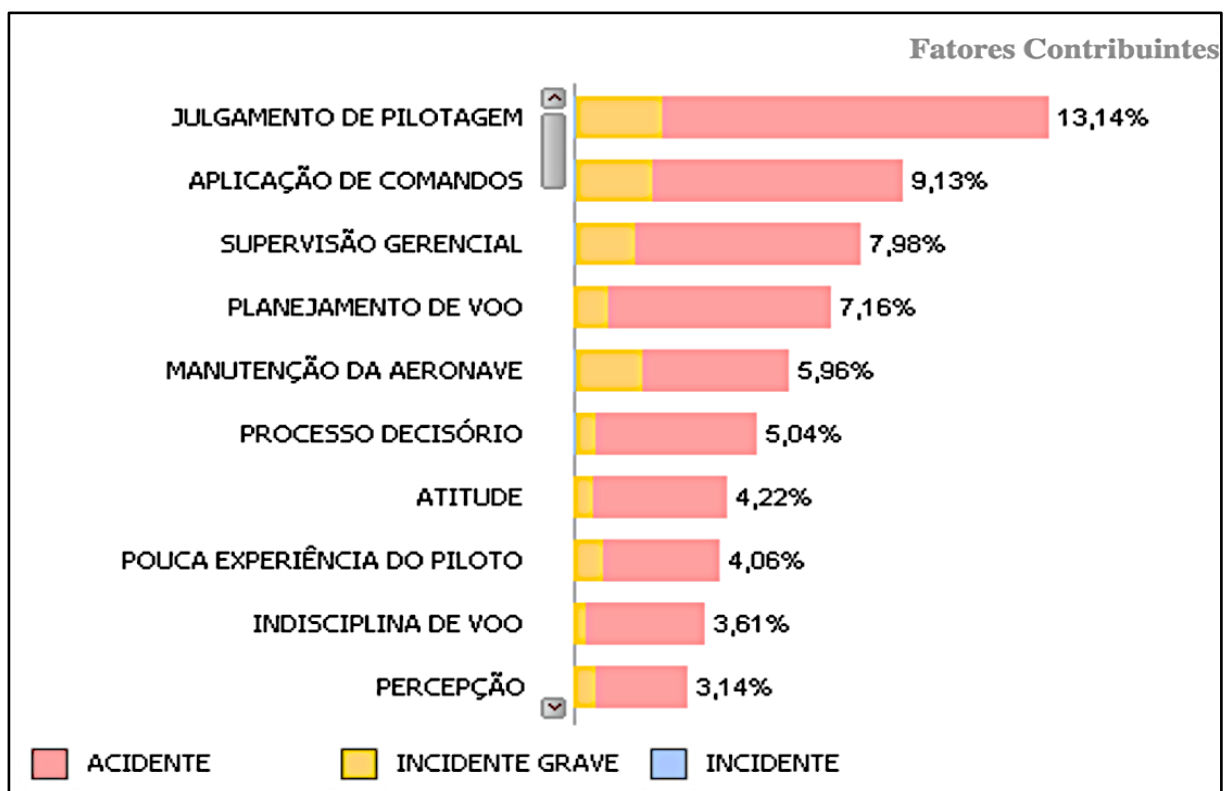
Fonte: Adaptado de Shappell e Wiegmann (2003).

4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para análise inicial, foram utilizados os dados estatísticos do CENIPA, disponíveis em seu painel SIPAER. Foram analisadas as ocorrências aeronáuticas da aviação civil no Brasil no decênio compreendido entre os anos de 2010 e 2019 (por definição, as ocorrências de solo não são investigadas), percebendo-se o percentual de fatores contribuintes identificados nas investigações das ocorrências aeronáuticas.

Conforme o Gráfico 1, dentre os 73 possíveis fatores contribuintes elencados pelo CENIPA, os cinco principais são considerados operacionais, chegando a 43,28%: julgamento de pilotagem, aplicação de comandos, supervisão gerencial, planejamento de voo e manutenção da aeronave.

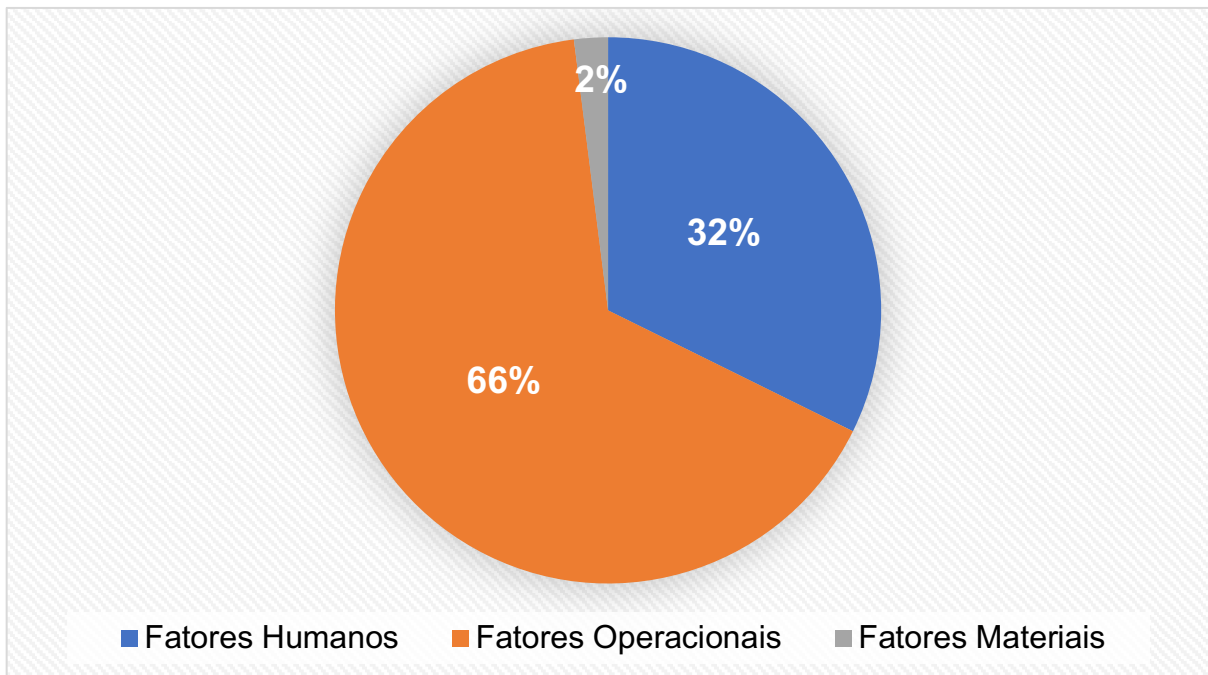
Gráfico 1 – Principais fatores contribuintes na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.



Fonte: CENIPA (<http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/> extraído do sistema em 08/07/2021).

Pela classificação atual do CENIPA, constante no Anexo D do MCA 3-6 – Manual de Investigação do SIPAER (BRASIL, 2017) –, ao explorar somente os fatores humanos contribuintes, chega-se ao total de 32,3%, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – (CENIPA) Ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.



Fonte: CENIPA (<http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/> extraído do sistema em 08/07/2021) adaptado.

Entretanto, ao utilizar o método HFACS nesta pesquisa, foi crível verificar outra visão complementar aos relatórios do CENIPA. Ressalta-se que isso não significa que a metodologia utilizada neste órgão esteja errada. O foco do HFACS é exclusivamente o erro humano, sendo assim mais completo e detalhado em termos de influências dos fatores humanos analisados, principalmente na abordagem organizacional (SHAPPEL; WIEGMANN, 2003).

Segundo os autores, o ser humano interage de forma física ou lógica com outros componentes que podem impactar no seu desempenho. Nesse processo sistêmico, a ocorrência pode surgir por uma falha durante as interfaces. Organizacionalmente, o erro humano pode nascer de diversos eventos que envolvem toda a instituição, como decisões gerenciais ou de supervisão, levando o ser humano a incorrer em erro.

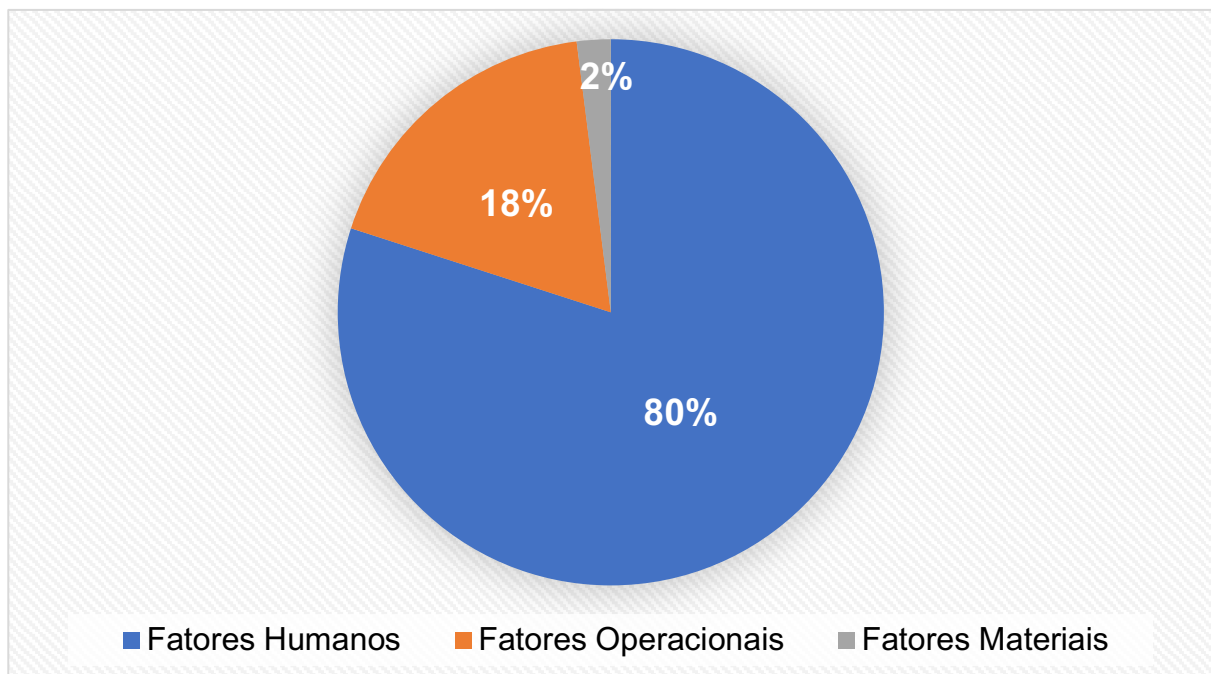
Em adição, ressaltam ainda, assim como Reason (1990), que os atos inseguros (erros e violações) são cometidos na presença de um perigo. Além disso, as pré-condições para os atos inseguros são as situações que criam as possibilidades para tais erros e violações (atos inseguros).

Desta maneira, utilizando-se o método HFACS, foram analisados os conceitos de todas as classificações atuais constantes no Anexo D do MCA 3-6 (BRASIL, 2017),

o que possibilitou a realocação de fatores anteriormente classificados pelo CENIPA como operacionais para os humanos. Dentre eles destacam-se: julgamento de pilotagem, aplicação de comandos, supervisão e planejamento gerenciais, instrução, indisciplina de voo, coordenação de cabine e pouca experiência de piloto.

Assim sendo, somando-se os fatores humanos originais aos realocados, chegou-se a 79,98%, comprovando a teoria de Shappell e Wiegmann (2003) no Brasil, conforme o Gráfico 3. Ao analisarmos os mesmos dados na aviação militar, chega-se a valores semelhantes, corroborando com os autores.

Gráfico 3 – (HFACS) Ocorrências aeronáuticas na aviação civil brasileira entre 2010 e 2019.



Fonte: O autor.

Após a revisão teórica do HFACS e uma análise preliminar de dados, é necessário um reforço conceitual das diretrizes militares brasileiras e fatos históricos.

Com a evolução tecnológica e o aumento da confiabilidade nos aviões, foi possível realizar longas viagens sem preocupações com a segurança de voo. No campo militar não foi diferente. No início da Guerra Fria, logo após a Segunda Guerra Mundial, durante o cerco de Berlim, foi realizada a maior e mais importante operação aérea de ajuda humanitária da história, conhecida como “*Berlin Airlift*” (PROVAN, 1999). Durante seus quinze meses desta estratégica operação, foram realizados cerca de 278.228 voos e transportadas mais de 2.326.000 toneladas de

suprimentos em apoio logístico ao lado ocidental da capital alemã. Provan (1999) relembra que o comandante aéreo norte-americano, General William H. Tunner, credenciou o sucesso a alguns fatores, realçando a segurança dos voos.

No atual contexto brasileiro, explorando a END – Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2020b) –, o seu primeiro alicerce destaca como as FA devem se organizar e se orientar para melhor cumprirem suas destinações constitucionais e suas atribuições na guerra e na paz. Nessa perspectiva, é coerente dizermos que, no nível estratégico, alinhado com os objetivos nacionais, toda e qualquer atividade voltada para a segurança de voo contribui para uma menor perda de recursos humanos, financeiros e materiais, perfilando-se ao objetivo proposto neste trabalho.

Para corroborar, a END (BRASIL, 2020b) assim destaca nos Fundamentos do Poder Nacional:

A Estratégia Nacional de Defesa resume-se em preparar e aplicar o Poder Nacional, considerando os meios, os óbices e os fins a atingir, para conquistar e manter os objetivos da Política Nacional de Defesa. Nesse sentido, o preparo do Poder Nacional consiste de um conjunto de atividades executadas com o objetivo de fortalecê-lo, seja pela manutenção ou aperfeiçoamento do poder existente, seja por meio da transformação do potencial em poder. A eficiência de tal preparo depende de políticas e estratégias que propiciem as condições necessárias ao processo de desenvolvimento do País. (BRASIL, 2020b. p. 35).

Cabe um destaque quanto aos conceitos e definições estratégicas utilizados pela FAB. O nível estratégico tem a instância de comando, inclusive político, externa ao Teatro de Operações (TO). A Doutrina Básica da FAB (DCA 1-1) conceitua o pensamento estratégico como o “Comportamento que olha para o agora pensando no futuro[...]”. Essa Diretriz destaca os princípios e conceitos que orientam o preparo e o emprego da FAB:

O “Planejamento do Preparo” deve ser entendido como a fase do Planejamento Estratégico Militar na qual são construídas as capacidades do Poder Militar Nacional para compor o esforço principal da Defesa Nacional. Por outro lado, o “Planejamento do Emprego” é o estágio no qual são organizadas as estruturas operativas e formuladas as concepções operacionais para a aplicação do Poder Militar nas situações legais previstas. (BRASIL, 2020a, p. 14).

Em alinhamento e de forma sequencial, o Planejamento Estratégico Militar define e organiza as atividades para atender às demandas de defesa do País. Na

esfera do COMAER, o Planejamento Estratégico Militar formaliza-se, por intermédio do PEMAER – Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (BRASIL, 2018b), em políticas e estratégias em todas as áreas.

Através de uma visão diferenciada, como a proposta neste trabalho, toda a estrutura do poder aeroespacial poderá delinear ações mais concretas, focando nos fatores humanos. Embora a Estratégia Nacional de Defesa e outros documentos ostensivos da Defesa não mencionem ou citem explicitamente sobre segurança de voo, esta percorre todas as atividades das Forças Armadas.

A título de exemplo no contexto de segurança de voo, continuamente presente em situações relevantes que envolvem ações de investigação e de prevenção, estão as operações conjuntas, executadas com frequência desde a criação do MD. Áreas de operação, regras de engajamento e identificação de aeronaves incursoras, entre outros, são aspectos constantes dos *briefings* e *debriefings* das missões conjuntas, congregando várias forças combatentes, notadamente entre tripulações de mais de uma nacionalidade. Nesse cenário, a padronização lúcida de procedimentos concorre para a segurança das operações.

Nas operações conjuntas, considerando também um cenário mais agressivo, como um conflito armado em situação real, o estrategista militar deve se preparar para possíveis baixas de pessoal e de material. Contudo não são aceitáveis perdas que poderiam ser evitadas durante o preparo ou durante o próprio emprego da FAB, principalmente as perdas por fatores humanos, corroborando com os dados expostos nos gráficos anteriores.

Deve-se evitar que a segurança de voo se torne uma vulnerabilidade ou um risco para o Brasil. Dentre as atribuições da FAB, estão o preparo e o emprego. Ricco e Almeida (2015) descrevem que é inegável que a atividade aérea, integrante do escopo de defesa, torne-se mais segura com o passar dos tempos, bastando analisar a taxa de ocorrências *versus* o total de horas voadas e a quantidade de aeronaves.

Destacam ainda que isso se deve, de maneira basilar, à investigação e à prevenção dos acidentes, sistematizada em campanhas de conscientização, vistorias e outras ferramentas. Rotineiramente, as atividades de segurança de voo coadunam-se com as atribuições da Força Aérea Brasileira.

Em paralelo, o fortalecimento da aviação civil – enquanto componente do poder aeroespacial – assoma com o advento de técnicas e de métodos que contribuem para

a prevenção. Esse poder, em suas várias expressões, encontra na melhoria dos índices de segurança de voo um alicerce inalienável.

Assim, tendo o poder aeroespacial como variável independente, o preparo e o emprego são inseridos neste contexto acadêmico, fazendo parte dos estudos dos fatores humanos nas ocorrências aeronáuticas como variáveis dependentes.

De acordo com a Doutrina Básica da FAB (BRASIL, 2020a), o preparo e o emprego são orientados por três elementos fundamentais: Visão, Missão e Doutrina. Este último, em seu significado mais amplo, é o conjunto de princípios, conceitos, normas e procedimentos destinados a orientar ações, sendo a formulação doutrinária fundamentada principalmente na experiência, refletindo as melhores práticas conhecidas e aprovadas, como a segurança de voo.

Dentro da FAB, as ações de preparo contemplam atividades para a construção de capacidades, como treinamento e instrução, formação, especialização e manutenção operacional, dentre outras. Com características qualitativas, essas atividades apresentam o fator tempo como limitante e restritivo, uma vez que compreendem ações que demandam extenso lapso temporal.

A título de exemplo, durante a Batalha da Inglaterra – na Segunda Guerra Mundial –, as baixas dos pilotos ingleses impactaram na *Royal Air Force* (RAF) pois não havia meios suficientes de reposição num curto espaço de tempo (WARDEN III, 2000).

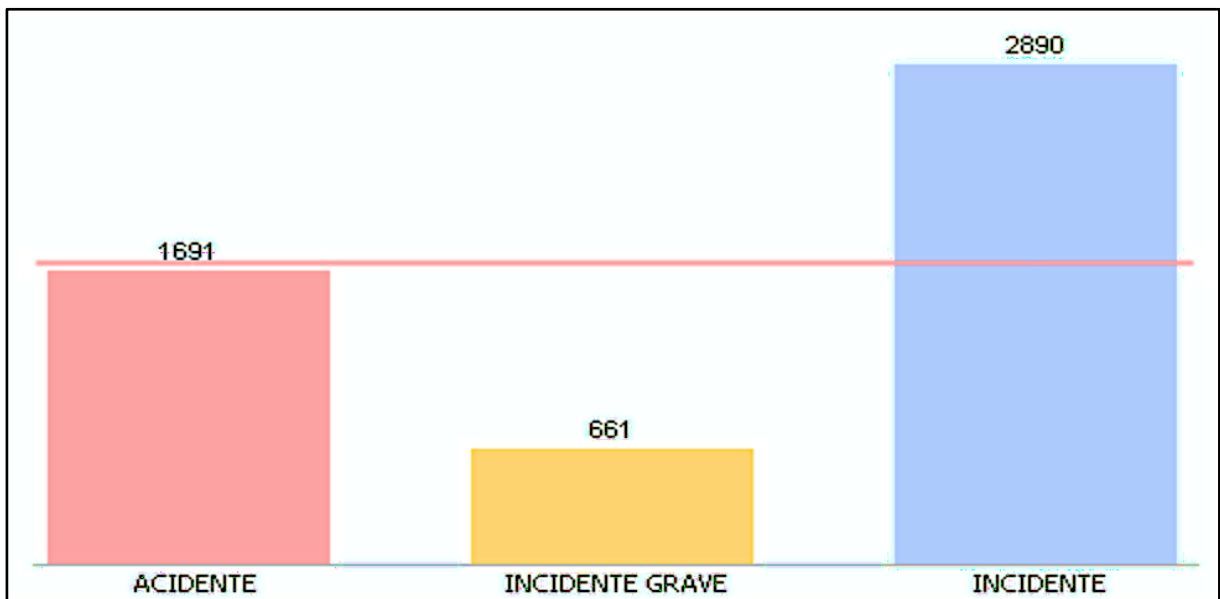
No emprego estão as atividades para a aplicação do poder, como operações simuladas ou reais, manobras, exercícios singulares ou conjuntos, dentre outras.

Outro ponto a se destacar é o fator quantitativo, uma vez que a construção das capacidades na aviação requer, obrigatoriamente, meios materiais e humanos.

Ao analisarmos os dados expostos, novamente fica evidente que os fatores humanos, à luz do HFACS, impactam tanto no preparo quanto no emprego da FAB. Fazendo um transbordo estatístico da aviação civil para a militar, uma análise na quantidade de acidentes e incidentes graves faz-se necessária, tendo em vista que, nestes tipos de ocorrências, há a predominância de elevadas perdas materiais. Dos dados expostos, conclui-se que, dos 5.242 casos, 2.352 (acidentes e incidentes graves) representam um total de 44,87%.

Desta feita, percebe-se claramente que quase a metade das ocorrências aeronáuticas investigadas ocasionam elevadas perdas materiais, conforme Gráfico 4.

Gráfico 4 – Ocorrências aeronáuticas registradas no Brasil entre 2010 e 2019.



Fonte: CENIPA (<http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/> extraído do sistema em 08/07/2021).

No contexto de perdas materiais, o planejador aéreo norte-americano durante a Operação *Desert Storm*, no Iraque em 1991, Coronel John Warden III (2000, p. 10), destacou a importância estratégica da segurança de voo no poder aeroespacial, bem como na proteção das aeronaves consideradas de alto valor, do inglês *High-Value Airborne Assets* (HVAA). Warden III frisou que, desde a Segunda Guerra Mundial, nenhum país ganhou uma guerra em face da superioridade aérea inimiga, e a obtenção de superioridade aérea não ocorre sem um C2ISR eficaz, que se trata principalmente de aeronaves de comando, controle, inteligência, vigilância e reconhecimento, as quais devem ser operadas e empregadas com a máxima segurança e proteção possíveis.

Normalmente, devido aos altos valores financeiros envolvidos nas aquisições, essas aeronaves representam uma das menores parcelas nas dotações das forças aéreas do mundo todo, e no Brasil não é diferente.

Contudo, muito além das finanças está o valor estratégico dessas aeronaves. De acordo com a doutrina de operações aéreas norte-americana, em seu *Air Force Doctrine Publication* (AFDP) 3-01 - *Counterair Operations* (ESTADOS UNIDOS, 2019):

HVAA são ativos nacionais aerotransportados que são tão importantes que a perda de um deles poderia impactar seriamente as capacidades de guerra dos Estados Unidos ou fornecer ao inimigo um valor significativo de

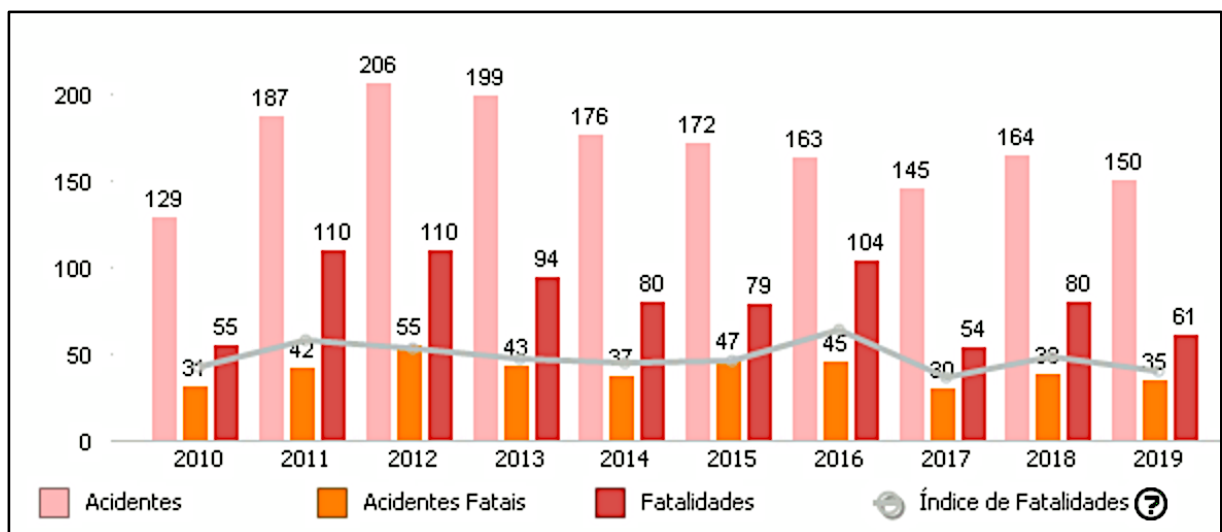
propaganda. Esses recursos podem fornecer recursos exclusivos, como vigilância, alerta antecipado e ataque eletromagnético, enquanto os reabastecedores estendem o alcance e a duração da surtida de outros recursos. (ESTADOS UNIDOS, 2019, p. 36, tradução nossa).

Independente de ser no preparo ou no emprego, ao perder uma destas aeronaves, ainda que temporariamente, há uma enorme degradação do poder aeroespacial. Ainda neste raciocínio, as perdas mais lamentadas pela nação são as humanas. Ressalta-se que perdas de tripulantes representam um impacto enorme, tendo em vista a formação peculiar e específica.

Para corroborar, foram analisados os índices das fatalidades nas ocorrências aeronáuticas para possibilitar uma melhor avaliação do impacto das perdas humanas, notadamente nos acidentes.

De forma analítica, dos 1.691 acidentes aeronáuticos ocorridos no Brasil entre 2010 e 2019, foram acometidas 827 fatalidades, representando 48,91% (fatalidades por acidentes). Assim, chega-se à incrível e trágica marca de quase uma vida perdida a cada dois acidentes. Nesse caso específico, é evidente salientar que a taxa de acidentes por horas de voo é muito baixa. O que se pretende realçar é que, quando ocorre um acidente, há uma elevada probabilidade de perdas de vidas. O Gráfico 5 expõe o índice de fatalidades nos acidentes na aviação civil no Brasil entre 2010 e 2019, ressaltando que, pela definição, somente nos acidentes há perdas de vidas.

Gráfico 5 – Acidentes aeronáuticos registrados no Brasil entre 2010 e 2019.



Fonte: CENIPA (<http://painelsipaer.cenipa.aer.mil.br/> extraído do sistema em 08/07/2021).

Outro ponto a se destacar é que esse total de fatalidades fica elevado pela quantidade de passageiros transportados nos voos comerciais, o que não se equipara aos voos militares, tornando esse índice inferior na aviação militar.

Em contrapartida, os tripulantes militares são mais difíceis de serem repostos devido à elevada especialização e complexidade das operações militares.

A complexidade da aviação militar é destacada por Prado (2020), apresentando a notória carga de trabalho maior que a da aviação comercial, ao se considerar que existe a necessidade de vigilância do entorno aéreo, identificação de alvos, entrada em combate, seleção de armamentos etc.

Retornando ao cerne deste trabalho, ao utilizar a interpretação do HFACS, é indubitável o impacto dos fatores humanos no poder aeroespacial brasileiro, tanto com perdas de materiais quanto com perdas humanas.

Raciocinando com o preparo e o emprego da FAB, quando os dados das ocorrências aeronáuticas da aviação militar são analisados sem uma visão ampla, estatisticamente não representam uma perda significativa de recursos humanos. Contudo estrategicamente essas perdas simbolizam uma degradação acentuada do poder aeroespacial de uma nação, tendo em vista a complexidade das operações militares (PRADO, 2020).

Em paralelo, ao se analisar a perda de uma aeronave de alto valor (HVAA), mesmo que temporariamente, novamente fica evidente o enorme impacto estratégico, tendo em vista a limitada dotação destes meios aéreos no Brasil e, de uma forma geral, nas Forças Armadas da maioria dos países no mundo.

Por fim, ao se analisar o emprego da FAB em um cenário de conflito declarado, as perdas materiais (aviões civis e aviões militares de alto valor) somadas às perdas humanas podem representar um impacto expressivo, não só estratégico e operacional, mas também político e na opinião pública, tendo grande potencial inclusive de mudar o transcurso beligerante.

5 CONCLUSÃO

Desde sua gênese, o poder aeroespacial é desígnio de teóricos e estrategistas militares em todo o mundo. Hoje, não é empregado apenas em conflitos e guerras, mas também nas calamidades públicas, por exemplo, e onde mais a nação necessitar.

Com o passar dos tempos, a evolução foi se acentuando dia após dia. Investimentos foram intensificados e a tecnologia alcançou patamares extraordinários.

Por ser vinculado à atividade aérea, o poder aeroespacial está consequentemente relacionado às ocorrências aeronáuticas. Em caráter educativo, elas foram analisadas e seus ensinamentos levaram à diminuição dos acidentes aéreos. Porém, mesmo com os elevados investimentos e estudos, o “índice zero acidente” ainda não foi alcançado.

Durante as pesquisas, foram constatados que há, em toda ocorrência aeronáutica, vários fatores contribuintes, sendo classificados em materiais, operacionais ou humanos.

Nos estudos relacionados aos fatores humanos, por meio de uma abordagem individual, o britânico James Reason (1990) é um dos expoentes nas investigações dos acidentes aéreos.

Posteriormente, os norte-americanos Shappell e Wiegmann (2003) ampliaram os estudos dos fatores humanos, contudo com uma abordagem organizacional.

Neste diapasão, os estadunidenses desenvolveram o sistema HFACS, que atua de forma complementar à teoria de Reason, porém com maior amplitude nos itens analisados relacionados aos fatores humanos.

O objetivo geral desta pesquisa também focou nos fatores humanos que, através do HFACS (SHAPPELL; WIEGMANN, 2003), ampliou o escopo analisado nas ocorrências aeronáuticas analisadas, compreendendo o decurso entre os anos de 2010 e 2019 na aviação no Brasil.

Com a análise dos dados, verificou-se o índice de 80% de fatores humanos contribuintes nas ocorrências aeronáuticas, validando o sistema HFACS proposto.

Em complemento, com valores chegando a quase 45%, é lícito concluir que, a cada duas ocorrências investigadas (acidentes, incidentes graves e incidentes), uma ocasiona elevadas perdas materiais nos aviões, mesmo que temporárias. Para um planejador estratégico, índice desta magnitude afeta sobremaneira no planejamento e na condução das campanhas aéreas.

No primeiro objetivo específico deste trabalho, ao se correlacionar esse índice ao preparo da FAB, novamente percebe-se o elevado impacto nessas atividades (treinamento e instrução, formação, especialização e manutenção operacional).

No segundo objetivo específico, relacionado ao emprego da FAB, as perdas materiais nas ocorrências aeronáuticas, similarmente impactam no poder aeroespacial. A título de exemplo, ao se correlacionar este mesmo índice de 45% nas aeronaves de alto valor (HVAA), o estrategista militar indubitavelmente terá que tomar medidas para mitigar as possíveis perdas, afetando diretamente no planejamento estratégico.

Não se deve esquecer que não só de máquinas e armas são feitas as guerras. Assim, as perdas humanas são as mais lamentadas. Quando se trata de recursos humanos altamente especializados e de formação longa e singular, como é o caso dos tripulantes, toda perda afetará no planejamento estratégico do poder aeroespacial.

Com os resultados obtidos, chegou-se ao índice de 80% de contribuição dos fatores humanos nas ocorrências aeronáuticas. Assim, foi possível concluir que os fatores humanos impactam negativamente no poder aeroespacial brasileiro, tanto no preparo quanto no emprego da FAB, quando são observadas as perdas materiais, mesmo que temporárias, e as perdas humanas.

Considerando que se tratam de vidas humanas que podem e devem ser preservadas em toda a sua magnitude, as conclusões expostas contribuirão para que a FAB, por meio do órgão central de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos (CENIPA), adote medidas que visem incentivar novas ferramentas de prevenção com foco nos fatores humanos.

Conforme exposto anteriormente, também poderão ser adotados treinamentos específicos voltados para a prevenção de acidentes. Ressalta-se que, estrategicamente, isso contribuirá de maneira significativa para o preparo seguro, eficaz e eficiente da doutrina de emprego do poder aeroespacial, principalmente nas unidades aéreas dotadas de aeronaves de elevado valor.

Consoante noção cediça e atendendo ao núcleo temático proposto, as lições apresentadas no presente trabalho contribuirão para que os planejadores estratégicos desfrutem de dados científicos para futuros processos de planejamento conjunto entre as FA, seja em treinamentos e simulações, seja em cenários reais.

Por fim, este artigo não buscou findar as pesquisas no escopo dos fatores humanos, e sim, possibilitar que novos estudos sejam almeçados, tendo em vista que o HFACS atesta a importância e a magnitude humana na interface com os modernos, seguros e avançados meios aéreos.

REFERÊNCIAS

ANAC. **Com pandemia indicadores do setor aéreo reduzem 50% em 2020.**

[Brasília, DF], 20 jan. 2021. Disponível em:

<https://www.anac.gov.br/noticias/2021/com-pandemia-indicadores-do-setor-aereo-reduzem-50-em-2020-1>. Acesso em: 05 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria CENIPA n° 17/DOP-SDINV-SERF, de 7 de dezembro de 2017. Aprova a reedição do Manual de Investigação do SIPAER (MCA 3-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 16.333, 11 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria GABAER n° 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020a. Aprova a edição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 1 (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14.971, 12 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria GABAER n° 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018a. Aprova a reedição da Concepção Estratégica - Força Aérea 100 (DCA 11-45). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, f. 11.265, 15 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comandante da Aeronáutica. Portaria GABAER n° 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018b. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018 – 2027 (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n 222, f. 14.766, 20 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2020b.

DOUHET, G. **O domínio do ar**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1988.

ESTADOS UNIDOS. Air Force. Curtis E. Lemay Center. **Air Force Doctrine Publication 3-01: Counterair Operations**. [Montgomery], 2019. Disponível em: https://www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/AFDP_3-01/3-01-AFDP-COUNTERAIR.pdf. Acesso em: 10 jul. 2021.

MITCHELL, B. **Winged Defense: The Development and Possibilities of Modern Air Power – Economic and Military**. Tuscaloosa: The University of Alabama Press, 2009.

PROVAN, J. **The Berlin Airlift – the Largest Humanitarian Airlift in History**. Dallas: University of Texas, 1999.

PRADO, A. L. **Automação e segurança de voo: uma análise de acidentes aéreos relacionados com tecnologias de automação**. Brasília, DF: Escola Superior de Guerra (Campus Brasília), 2020.

REASON, J. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

REASON, J. **Safety in the operating theatre – Part 2: Human error and organizational failure**. [s. l.]. BMJ Quality & Safety, 2005. Disponível em: <https://qualitysafety.bmj.com/content/qhc/14/1/56.full.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2021.

RICCO, M. F. F.; ALMEIDA, M. C. Segurança de voo: uma questão de defesa nacional. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 30, n. 60, p. 122-135. jan./jun. 2015. Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/view/171>. Acesso em: 05 jul. 2021.

SANTI, S. **Fatores humanos como causas contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos na aviação geral**. 2009. Monografia (Gestão da Aviação Civil) – Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 85p., 2009.

SHAPPELL, S. A.; WIEGMANN, D. A. **The Human Factors Analysis and Classification System – HFACS**. Washington: Government Printing Office, 2000.

SHAPPELL, S. A.; WIEGMANN, D. A. **A human error approach to aviation accident analysis**. Burlington: Ashgate, 2003.

SOBREDA, S. F.; SOVIERO, P. A. O. SERA e HFACS: Dois Sistemas para Análise e Classificação do Erro Humano em Acidentes e Incidentes Aeronáuticos. **Conexão SIPAER**, v. 3, n. 1, p. 149-187, 2011.

WARDEN III, J. A. **The Air Campaign**. Lincoln: toExcel Press, 2000.