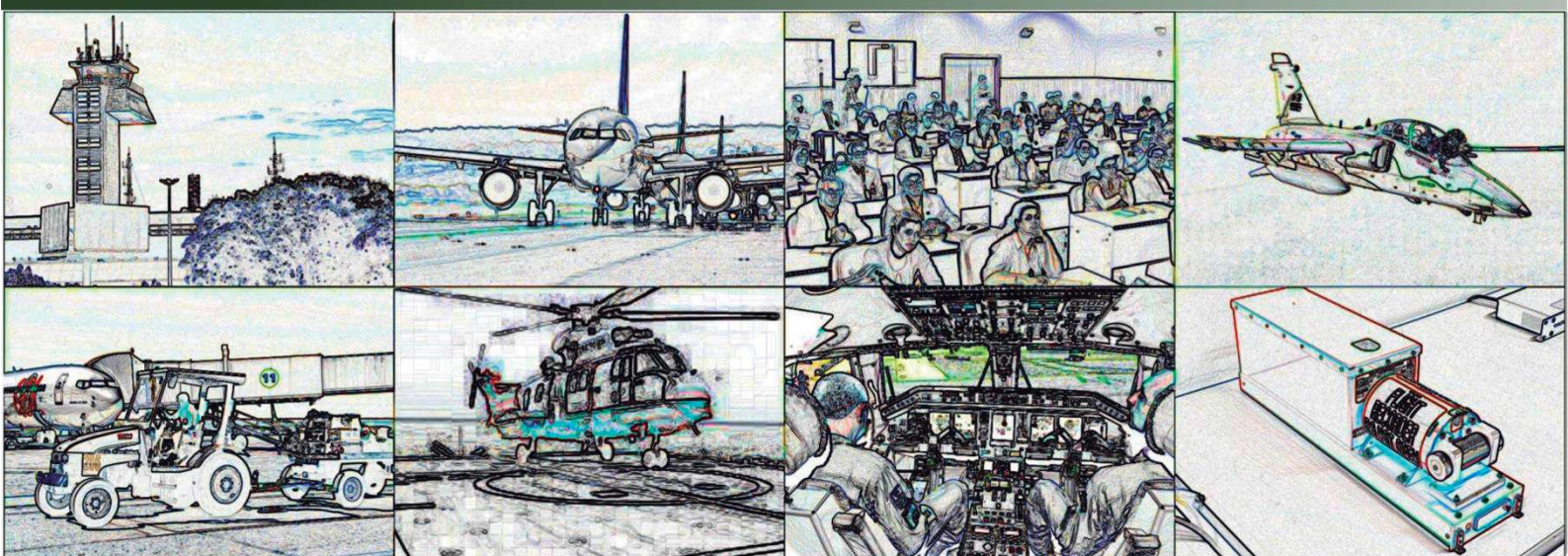


# CONEXÃO SIPAER



Revista Científica de Segurança de Aviação



Revista Conexão Sipaer, Volume 8, Número 2 – Mai/Ago 2017

## **Conexão SIPAER**

A Revista Conexão SIPAER é uma publicação científica periódica, editada eletronicamente pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos com o objetivo de promover a disseminação da informação técnico-científica produzida por pesquisadores e profissionais da área da Ciência Aeronáutica e ciências afins, voltada para a Segurança de Voo, com foco nas atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos.

### **Endereço postal**

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA  
SHIS – QI 05 – Área Especial 12  
VI COMAR – Lago Sul  
Brasília – DF  
BRASIL  
CEP: 71.615-600

### **Contato**

Telefone: +55(61)3364-8834  
Fax: +55(61)3365-1004  
E-mail: [conexaosipaer@gmail.com](mailto:conexaosipaer@gmail.com)

### **WEBPAGE**

<http://inseer.ibict.br/sipaer/index.php/sipaer/index>

O conteúdo e as opiniões expressas nos textos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. O periódico terá direitos autorais reservados sobre os trabalhos publicados sendo permitida a reprodução ou transcrição com a devida citação da fonte.

Nenhum conceito emitido deve ser utilizado diretamente na atividade aérea caso contrarie legislação, regulamentação ou manual de voo emitido ou certificado por autoridade competente.

R747

Revista Conexão SIPAER / Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. v. 8, n. 2 (Ago. 2017), Brasília: CENIPA, 2017.

Quadrimestral

Modo de acesso: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer>

ISSN: 2176-777 (versão on-line)

1. Ciências Aeronáuticas. 2. Segurança de Voo. I. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

CDU 355.354

# SUMÁRIO

## *Editorial*

Apresentação	1
Adriana de Barros Nogueira de Mattos	
Ensaio em Voo contribuindo para a melhoria da Segurança de Voo	2-4
Dr. Nelson Paiva Oliveira Leite	

## *Artigos Científicos*

A Segurança de Voo nas Organizações de Manutenção Aeronáutica no Brasil e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 145	5-12
José Carlos Messias	
Análise da Aplicação dos Conceitos de Corporate Resource Management (CRM) Nas Missões de Resgate Aeromédico no Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão (GRPAE)	13-20
Ricardo Galesso Cardoso Bruno Seeberger de Mattos Abreu Daiane Zatta Giovanni Bastiani Donizeti de Andrade	
Segurança Operacional na Aviação de Estado: Premissas e Paradigmas	21-25
Luiz Sergio Alves Pinto Rodrigo de Abreu Freitas	
DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação	26-32
Francisco Wilson Falcão Júnior	
Comunicação no Contexto da Aviação: Contribuições da Psicologia	33-40
Gustavo Rodrigues de O. Silva Thaissa Neves R. Pontes	
Storytelling em Técnica Prospectiva de Identificação de Perigos	41-53
Pedro Rodrigues da Silva Éder Henriqson	
Estudo da Ocorrência de Cisalhamento do Vento no Aeroporto Internacional de São Paulo	54-65
Davi Pinto Ribeiro Gilberto Fernando Fisch João Bosco Verçosa Leal Junior Elizabeth Diane de Jesus Reuter Sokabe	

Análise dos Fatores Humanos Envolvidos no Acidente do Voo 801 da Korean Air	66-72
<p>Hudo de Oliveira Alcoforado  Bruno Mendes Nogueira  Lucas Elya Piana Giordani  Sérgio Ricardo de Freitas Oliveira  Mário Henrique Araújo Maia</p>	
Indicadores de Segurança Operacional: Processo para Definição e Revisão dos Indicadores de Desempenho	73-81
<p>Marx Ferreira de Araújo</p>	
Inspeção de Saúde: um dos Pilares da Segurança de Voo	82-88
<p>Tatiana Yukiko Kunisawa  Fabiane Rocha Boglietti  Humberto Baldessarini Pires  Mario Sergio Pineda Guerra  José Francisco Guida Motta</p>	
O Seguro Aeronáutico como Ferramenta do SIPAER	89-95
<p>Marcus Vinícius Garcia Pacobahyba Pessanha  Diniz Pereira Gonçalves  Rodrigo Rodrigues de Carvalho Musy  João César Moura Mota</p>	
Análise do formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo	96-107
<p>George Luiz Guedes de Oliveira</p>	
Proposta de Aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e Padronização do Segmento Privado da Aviação no Brasil	108-120
<p>Thales Levy</p>	
A Questão da Segurança de Voo Durante a Sondagem Meteorológica: Um Estudo de Caso na Terminal Curitiba	121-131
<p>Marcio Gonçalves Ramos  Silvio Araujo da Silva Oliveira  Cleber Machado de Souza</p>	
Resultados e Discussões sobre Medidas da Radiação Ionizante em Voo Sob o Espaço Aéreo Brasileiro	132-141
<p>Marco Aurélio Barros Fortes  Adriane Cristina Mendes Prado  Hanna Flavia Santana dos Santos  Matteus Bueno Caprecci  Marlon Antonio Pereira  Heloisa Helena de Castilho Pereira  Claudio Mariano Silva  Glaucio Cavalcante Viegas  Claudio Antonio Federico</p>	

## *Notas*

Santos Dumont: Um Pioneiro da Segurança de Voo e dos Ensaios em Voo	142-148
<p>Henrique Lins de Barros</p>	

Renato Crucello Passos  
Paulo Fabrício Macário

## Apresentação

Adriana de Barros Nogueira de Mattos <sup>1,2</sup>

1 Editora Gerente da Revista Científica Conexão SIPAER

2 [adrianaabnm@fab.mil.br](mailto:adrianaabnm@fab.mil.br)

---

*Com satisfação disponibilizamos mais um número da “Revista Conexão SIPAER”. Este número – disponível em português e na versão eletrônica -, conta com quinze artigos científicos e duas notas de pesquisas que foram apresentados no Simpósio de Segurança de Voo (SSV 2017), do Instituto de Ensaios em Voo (IPEV).*

*A publicação dos anais do SSV 2017, fruto da aproximação do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) com o IPEV, condiz com o fomento da cultura de segurança de voo.*

*Os artigos e notas que compõem os anais do Simpósio foram analisados pelo corpo editorial do IPEV.*

*Agradecemos a valiosa colaboração desse Instituto.*

*Por fim, concitamos aos leitores para que divulguem este trabalho.*

*Boa leitura!*

*Adriana Mattos,  
Editora-Gerente da RCS.*

## Ensaio em Voo contribuindo para a melhoria da Segurança de Voo

Dr. Nelson Paiva Oliveira Leite <sup>1,2,3</sup>

1 Chefe da Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo (IPEV-EPD)

3 Chairman do 10º Simpósio de Segurança de Voo (SSV - 2017)

2 [epd@ipev.cta.br](mailto:epd@ipev.cta.br)

---

O sucesso da atividade aérea depende da preservação da integridade física de tripulantes, passageiros e aeronaves. Neste contexto, a segurança da operação e a condição de aeronavegabilidade das aeronaves e de seus sistemas são fatores decisivos para uma operação bem-sucedida.

Este sistema é muito complexo, pois existem diversos fatores determinísticos (e.g. inspeção periódica do motor) e aleatórios (e.g. colisão com aves) que afetam a tão almejada segurança de voo e isso envolve um grande número de organizações privadas e governamentais, as quais não são capazes de evitar a ocorrência de incidentes ou acidentes.

De uma forma geral, a busca de uma condição mais segura na aviação é o combustível que alimenta os inúmeros profissionais envolvidos com a atividade aérea, na busca de soluções, que irão minimizar a ocorrência de incidentes ou acidentes aeronáuticos.

A atividade de ensaios em voo, deve ser considerada como o ponto de origem da segurança de voo, pois os resultados das campanhas de ensaio, de uma aeronave experimental, que está sendo desenvolvida e certificada (e.g. KC-390), irão estabelecer os limites peso máximo de decolagem e as condições de operação desta aeronave em voo normal ou em emergência (e.g. peso máximo que garante uma subida segura após uma pane de um dos motores durante a decolagem). Estes limites são expressos no manual de voo.

O rigor científico do processo e a exatidão dos resultados de uma campanha de ensaios em voo irão, de forma direta, contribuir com a manutenção da aeronavegabilidade desta aeronave.

Tais valores estão presentes no DNA do IPEV. Ao se buscar um alcance maior para tais valores, o Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo (IPEV) decidiu em 2007 organizar um evento científico para discussão ampla e aberta dos inúmeros e diversos tópicos relacionados com a segurança da operação aérea, com o objetivo final de melhorar a formação e integrar os profissionais da aviação.

Neste contexto, o IPEV, complementando as suas atividades regimentais organiza, desde 2008, o Simpósio de Segurança de Voo (SSV) para apresentação de trabalhos científicos que versam sobre os diversos assuntos ligados com a segurança da atividade aérea.

O SSV, que teve em agosto de 2017 sua 10ª edição, possui uma identidade única e singular e isso foi, de fato, percebido pela plateia. Este simpósio reúne, num único espaço físico, profissionais oriundos de diversas organizações que lidam com a atividade aérea, integrando os participantes e assim, criando um ambiente mais propício para a proposição, discussão e possível adoção de medidas que irão mitigar os riscos na aviação.

Como fatos comprobatórios, em 2010, quando foi feita pela primeira vez uma pesquisa da reação dos participantes, foram colhidos os seguintes comentários que validam esta hipótese:

“O Simpósio foi um sucesso com temas diferentes abrangendo várias áreas relativas à Segurança de Voo. Parabéns.”; e

“O Simpósio proporcionou novos contatos de trocas de experiência profissional.”

Mais tarde, na edição de 2014, houve, até então, o maior número de comentários positivos (89), os quais mostram claramente que o IPEV estava na trilha correta, tais como:

“Por ter participado do 6º SSV 2013, vim para o 7º SSV com grande expectativa de conviver esses dias com pessoas do mais alto gabarito e ouvir palestras muitíssimo bem elaboradas. Ao término do evento pude constatar que tive a minha expectativa alcançada e ainda superada.”;

“O evento abordou assuntos variados, porém com lógica e com ligação entre as palestras o que é ótimo, pois foi possível utilizar o conhecimento adquirido em uma palestra na sequência de outra apresentação. Outro fator positivo foi que o objetivo do evento de discutir sobre a segurança de voo foi atingido mesmo abordando diferentes áreas da aviação.”;

“Evento extremamente interessante e expositivo, dando oportunidade de participação ao público amplo, inclusive com facilitações a estudante.”.

E assim o SSV chegou na sua 10ª edição. Neste ano as novidades foram muitas, a programação foi estendida e foram apresentadas três palestras especiais:

A de abertura na qual foram apresentados os passos seguidos pelo pioneiro Alberto Santos Dumont visando, de forma planejada, a execução segura de um voo inaugural de uma aeronave.

A especial, proferida pelo Cel. Ozires Silva na qual foi discutida as dificuldades e desafios tecnológicos que foram superados pela equipe técnica da Divisão de Aeronáutica (PAR) do então Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD) e os cuidados com a segurança de voo, para tornar o projeto da aeronave Bandeirante (i.e. Projeto IPD 6504), em um produto de sucesso internacional, que lançou a EMBRAER; e

A de encerramento, na qual foi apresentado o futuro da aviação remotamente ou opcionalmente pilotada.

No atual cenário nacional de insegurança pública, política e econômica, é muito comum ouvir de estudantes e jovens cientistas e empreendedores, que foram vencidos pelo desânimo, um comentário sobre a possibilidade de mudança para outros Países. No seu discurso de posse, o ex-Presidente dos Estados Unidos da América (EUA) John Fitzgerald Kenedy falou "Não pergunte o que seu país pode fazer por você, pergunte o que você pode fazer por seu país!". No Brasil, a vida e obra do Cel. Ozires é um exemplo da integral aplicação desta frase antológica. Assim, observar que o público jovem, que estava presente no auditório desta edição do SSV, vendo, ouvindo, "escutando" e sendo inspirado pelo Cel. Ozires, nos dá uma grande força para, apesar das inúmeras adversidades, continuar trilhando este caminho e que isso irá de alguma forma produzir um resultado melhor e fortalecer, de forma incremental, a segurança de voo no Brasil.

Nesta edição, foi superado pela segunda vez consecutiva o recorde de inscrições (Figura 1).

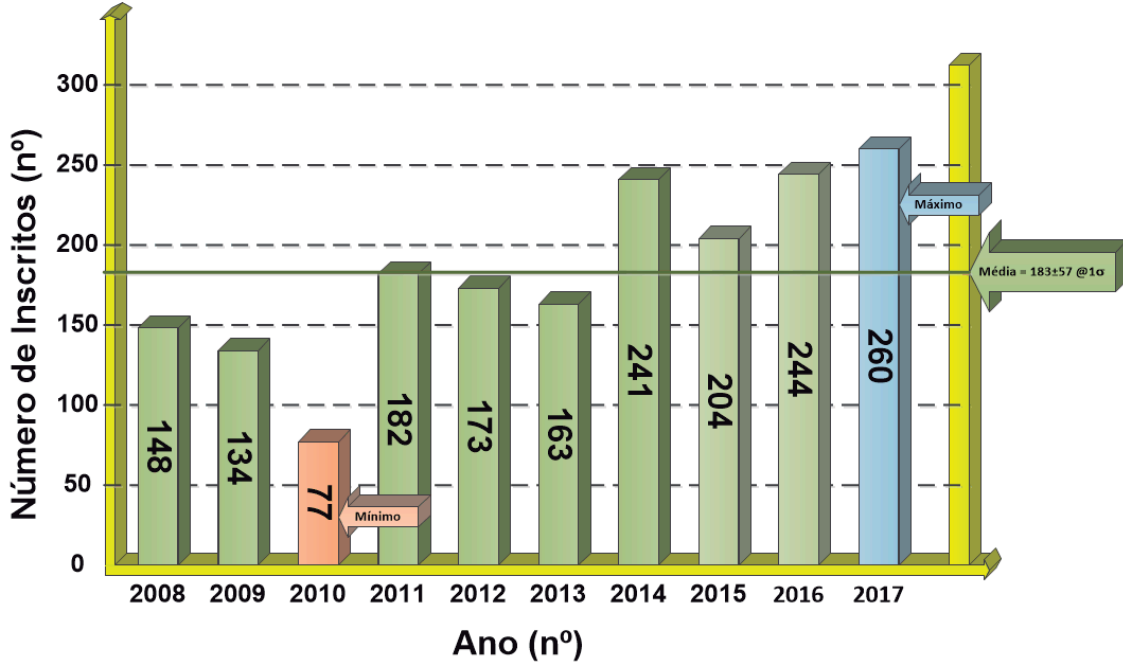


Figura 1 - Número de inscritos no SSV

Além disso, o índice de avaliações positivas das palestras técnicas foi altíssimo, já que a média em 2017 foi de 96,55% ± 3,43% @1σ, (Figura 2) superando em muito o grau obtido na edição anterior que foi de 91,83% ± 8,12% @1σ.

**Observação:** Avaliação positiva equivale ao grau ótimo ou bom em todos os quesitos observados, que incluem:

- Se o tema abordado foi atual, relevante e útil;
- Se o apresentador expôs o assunto com clareza, objetividade e sequência lógica; e
- Se o apresentador procurou motivar e despertar o interesse do participante.

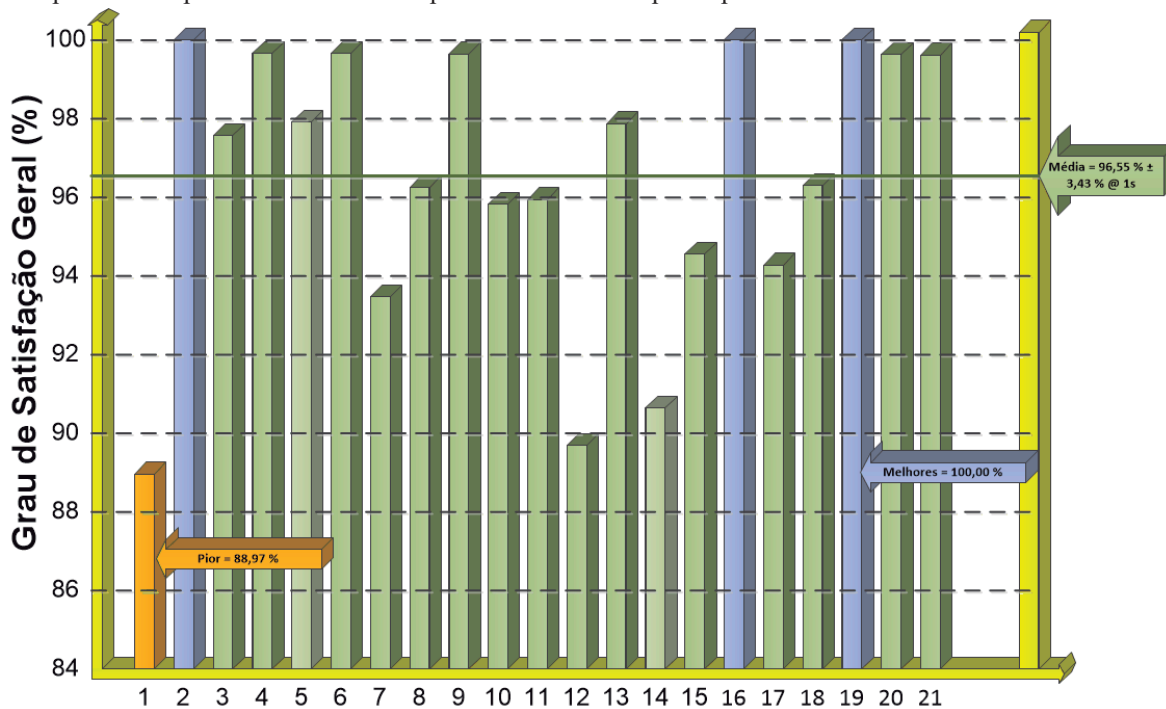


Figura 2 - Percentual de avaliações positivas das palestras do 10º SSV.



Em suma, o IPEV desde a sua criação em 1957, como seção de ensaios em voo (PAR-V), tem incessantemente contribuído para a melhoria da segurança de voo no Brasil, através do(a)

Realização das campanhas de ensaios em voo de desenvolvimento e de certificação de aeronaves e sistemas aeronáuticos;

Ensino, por meio do Curso de Ensaio em Voo (CEV), o qual é acreditado pela Sociedade dos Pilotos de Provas Experimentais (SETP - “*Society of Experimental Test Pilots*”) ou do Curso de Preparação para Recebimento de Aeronaves (CPRA);

Pesquisa aplicada para o desenvolvimento de meios e técnicas inovadoras para ensaios em voo, garantindo assim a melhoria da segurança do voo de ensaio e/ou exatidão das medidas e/ou eficiência das campanhas de ensaios em voo; e

Organização e realização do Simpósio de Segurança de Voo (SSV), cujos ensinamentos e conhecimentos serão disseminados por meio destes Anais.

No futuro, a busca da melhoria contínua para este evento irá impor grandes desafios para a equipe técnica do IPEV, porém com o crescente apoio e comprometimento do CENIPA, que sempre designa um palestrante para o evento e atualmente publica os Anais do SSV, esta tarefa será certamente cumprida com êxito.

Acreditamos que, se uma única vida de um tripulante ou passageiro for preservada em decorrência dos ensinamentos disseminados pelo SSV, a nossa Missão maior estará cumprida. Este é o principal motivador para a equipe do SSV.

---

# A Segurança de Voo nas Organizações de Manutenção Aeronáutica no Brasil e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 145

José Carlos Messias<sup>1</sup>

1 Militar da reserva da Força Aérea Brasileira, Especialista em Aeronaves, MBA em Gestão Pública, Bacharel em Ciências, Tecnólogo em Gestão e Manutenção de Aeronaves, Elemento Certificado - Fator Material.

---

**RESUMO:** Este trabalho tem o objetivo de apresentar um estudo preliminar sobre as mudanças que as organizações de manutenção de produto aeronáutico certificadas no Brasil tiveram de implementar na estrutura organizacional e forma de gestão a partir da publicação, em 05 de março de 2013 pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 145, em substituição ao Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 145. A metodologia empregada neste trabalho foi a pesquisa exploratória e comparativa da legislação aeronáutica disponível no site da ANAC e do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), bem como pela análise da documentação de duas organizações de manutenção, anterior e posterior à mudança. Como resultado, observou-se um aumento de complexidade da estrutura que deve apresentar uma organização de manutenção. Este trabalho reveste-se de singular importância pela possibilidade de trazer a tona essa discussão e pela percepção de que estas mudanças tenham reflexo futuro na melhora da segurança de voo. Essas mudanças podem trazer uma elevação na consciência da coletividade de uma organização quanto aos aspectos da qualidade e da segurança de voo. Espera-se que no futuro seja possível dimensionar a efetividade dessas mudanças pela diminuição do número de acidentes e incidentes aeronáuticos atribuídos a fatores ligados à manutenção de aeronaves.

**Palavras Chave:** Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 145. RBAC 145. Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica 145. RBHA 145. Manual de Organização de Manutenção. MOM. Manual de Controle de Qualidade. MCQ. Sistema de Gestão de Segurança Operacional. SGSO.

## Flight Safety in the Aviation Maintenance Organization in Brazil and the Brazilian Civil Aviation Regulation 145

**ABSTRACT:** This paper aims to present a preliminary study on the changes that the aviation maintenance organizations certified in Brazil had to implement in their organizational structures and management after the issuance of the Brazilian Civil Aviation Regulation (RBAC) 145, on March 5, 2013, by the National Civil Aviation Agency (ANAC), replacing the Brazilian Regulation of Aeronautical Homologation (RBHA) 145. The methodology used in this work was the exploratory and comparative research of the aeronautical legislation available on the ANAC and the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Centre (CENIPA) websites, as well as an analysis of the documentation of two maintenance organizations, before and after the change. As a result, we observed an increase in the complexity of the structure that a maintenance organization shall have. This work is of singular importance for the possibility of bringing up this discussion and for the perception that these changes have a future reflection on the improvement of flight safety. These changes can raise awareness of an organization's collectivity regarding aspects of flight quality and safety. It is hoped that in the future it will be possible to size the effectiveness of these changes by reducing the number of accidents and aeronautical incidents attributed to factors related to aircraft maintenance.

**Key words:** Brazilian Civil Aviation Regulation 145. RBAC 145. Brazilian Regulation of Aeronautical Homologation 145. RBHA 145. Maintenance Organization Manual. MOM. Quality Control Manual. QCM. Safety Management System. SMS.

**Citação:** Messias, JC. (2017) A Segurança de Voo nas Organizações de Manutenção Aeronáutica no Brasil e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 145. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 5-12.

### 1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem duas realidades básicas quando se deseja entender a existência de uma organização de manutenção de produto aeronáutico. Uma organização pode ser desenvolvida ou criada pela necessidade ou demanda de mercado em relação a determinado produto aeronáutico passando pelo processo de certificação junto a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. Ou ainda, uma organização pode ser criada dentro de um grupo ou conglomerado maior para atender a demanda de parte desse grupo quanto à manutenção de produto aeronáutico.

Nesse sentido pode ser observado que empresas de transporte aéreo regular, que atendem aos requisitos do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 121 - RBAC 121, Requisitos Operacionais: Operações Domésticas, de Bandeira e Suplementares e os táxis-aéreos, que atendem aos requisitos do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 135 - RBAC 135, Requisitos Operacionais: Operações Complementares e por Demanda, podem criar e manter suas próprias organizações de manutenção de produto aeronáutico ou centros de manutenção como são mais conhecidos para atender primeiramente suas frotas. Em todos os casos essas organizações de manutenção devem passar igualmente pelo processo de certificação junto a ANAC. Segundo Machado et al (2015), de um número aproximado de 660 oficinas registradas junto a ANAC, a maioria (487) encontram-se em território nacional.

Uma vez cumpridas as etapas do RBAC 145, descritas na Tabela 3, a organização de manutenção deve submeter a documentação pertinente para avaliação junto a autoridade reguladora. Avaliada a documentação e estando de acordo a ANAC formaliza, através de ofício, o agendamento de uma visita de inspeção nas dependências da organização para a verificação quanto à forma de cumprimento dos requisitos. Aprovada na inspeção, a organização recebe a certificação pela expedição do Certificado de Organização de Manutenção - COM.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho foi a pesquisa exploratória e comparativa da legislação aeronáutica disponível nos sites da ANAC e do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA, bem como pela análise da documentação de duas organizações de manutenção, anterior e posterior à mudança. Como resultado, observou-se um aumento de complexidade da estrutura que deve apresentar uma organização de manutenção.

## 3 BREVE HISTÓRICO DA ANAC

O Departamento de Aeronáutica Civil foi criado em 22 de abril de 1931, pelo então presidente da República Getúlio Vargas. No ano de 1941 com a criação do Ministério da Aeronáutica, uniram-se as aviações do Exército, da Marinha e o Departamento de Aeronáutica Civil. Este último passou a ser denominado a partir de 1969 como Departamento de Aviação Civil (DAC) e assim permaneceu até a criação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) pela promulgação da Lei 11.182, de 27 de setembro de 2005.

Neste cenário, cabe a ANAC a atividade de regulação econômica e técnica da aviação civil brasileira. A regulamentação vigente até então foi gradativamente avaliada quanto à atualização e adequação aos demais organismos nacionais e estrangeiros, principalmente quanto à correlação entre a legislação pertinente aos acordos internacionais. (BRASIL, 2017)

Quanto à regulação técnica, existe a percepção de que os desafios foram enormes. Isso porque além das questões legais e operacionais, encontrou-se também um cenário de evolução bastante acelerado em termos de concepção, designer (projeto) e novas tecnologias aplicadas às aeronaves e seus equipamentos. Em termos de mudança, também deve ter sido considerada a evolução e a forma como as organizações estavam se estruturando econômica e administrativamente. Portanto, o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica 145 (RBHA) 145 não mais oferecia requisitos de fiscalização atualizados. Coube então à ANAC estabelecer parâmetros para buscar as atualizações necessárias à regulação vigente, conforme descrito na proposta ao RBAC 145.

A Lei nº 11.182/2005 determina que a ANAC estabeleça normas observando os acordos, tratados e convenções internacionais de que seja parte a República Federativa do Brasil. Portanto, o RBAC 145 ora proposto visa atender à uniformidade regulamentar prevista na Convenção sobre Aviação Civil Internacional concluída em Chicago, em 7 de dezembro de 1944 e desta forma melhorar a segurança de voo. (BRASIL, 2010).

Para implementar a atualização de um regulamento a ANAC realiza um estudo interno, desenvolve e divulga a nova proposta na forma de minuta em consulta pública por prazo determinado; avalia as contrapropostas e sugestões e, após os ajustes pertinentes, publica no Diário Oficial da União (DOU) o novo RBAC.

## 4 MANUTENÇÃO DE AERONAVES COMO FATOR CONTRIBUINTE

De acordo como Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6, fator contribuinte é:

Condição (ato, fato, ou combinação deles) que, aliada a outras, em sequência ou como consequência, conduz à ocorrência de um acidente aeronáutico, de um incidente aeronáutico ou de uma ocorrência de solo, ou que contribui para o agravamento de suas consequências. Os fatores contribuintes classificam-se, de acordo com a área de abordagem da segurança operacional. (BRASIL, 2011).

A manutenção de aeronaves como fator contribuinte foi identificada na apuração de vários acidentes e incidentes graves investigados pelo CENIPA. Os dados estatísticos apresentados no Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 58-1 (BRASIL, 2016) apresentam a apuração de acidentes e incidentes graves compreendidos no período entre 2006 a 2015. Nesse período ocorreram 1294 acidentes aeronáuticos e 526 incidentes graves. Esses números apontam para as ocorrências já classificadas pelo CENIPA, o que não quer dizer que todos esses eventos já tivessem suas investigações concluídas. Ao término de uma investigação é publicado o relatório final.

De um total de 766 relatórios finais publicados sobre acidentes aeronáuticos, a manutenção de aeronaves como fator contribuinte aparece em 167 ocorrências, ou seja, contribuiu com 21,8% do total divulgado. Para o mesmo período, de um total de 224 relatórios finais publicados sobre incidentes aeronáuticos graves, a manutenção de aeronaves como fator contribuinte aparece em 80 ocorrências, ou seja, contribuiu com 35,7% do total divulgado.

Relatórios Finais		Nº ocorrências manutenção de aeronaves	Participação
Acidentes	766	167	21,8%
Incidentes Graves	224	80	35,7%
Fonte: CENIPA			

Tabela 1 – Manutenção de aeronaves como fator contribuinte.

Essa informação nos permite apresentar a Tabela 1. No mesmo documento do CENIPA é possível extrair a participação da manutenção de aeronaves como fator contribuinte, em acidentes e incidentes graves nos modais de transporte aéreo regular, táxi-aéreo e particular, conforme apresentado na Tabela 2.

Modal	Relatórios Finais	Nº ocorrências manutenção de aeronaves	Participação
Regular	23	7	30%
Táxi Aéreo	139	61	43,8%
Particular	433	94	21,7
Fonte: CENIPA			

Tabela 2 – Fator Contribuinte manutenção de aeronaves por modal de transporte.

A diferença para maior entre os números dos acidentes e incidentes graves totais classificados (apurados) no período, em relação aos números ‘parciais’ apontados nas tabelas, ocorre em função dos relatórios finais publicados, ou seja, relatórios que tiveram suas investigações finalizadas e estabelecidos os fatores contribuintes que levaram a ocorrência. Como um acidente ou incidente grave não apresenta apenas um fator contribuinte, mas sim uma combinação de diversos fatores, explica-se assim a relatividade dos números de ocorrências e a participação da manutenção de aeronaves.

## 5 RBHA 145 E RBAC 145 – PARTICULARIDADES

### 5.1 O RBHA 145

O RBHA 145 tinha a finalidade de expedir um certificado autorizando a empresa candidata a realizar serviços de manutenção em um artigo ou produto aeronáutico. Atendidos os requisitos a ANAC emitia o Certificado de Homologação de Empresa (CHE).

O RBHA 145 exigia basicamente que uma empresa candidata demonstrasse ter condições de atender os requisitos de pessoal qualificado, instalações adequadas às atividades informadas e ter acesso às publicações atualizadas dos artigos aeronáuticos que se propunha a executar os serviços de manutenção. Esse regulamento trazia na sua “Subparte B” a discriminação dos Padrões, Classes, Tipos de serviço e Limitações em função dos artigos aeronáuticos pretendidos e a extensão dos serviços a ser realizado, de forma que a empresa deveria se enquadrar nessas definições conforme o escopo desejado. Os padrões destinados as empresas de manutenção aeronáutica eram definidos pelas letras “C”, “D”, “E”, “F” E “H”, e a cada um desses correspondia Classes definidas pelos números de 1 a 4, sendo que nem todas as classes comportavam todos os números, a descrição dos tipos de serviço como “manutenção, modificação e/ou reparo”, pertinentes aos padrões de “C” a “F” conforme o artigo aeronáutico e “serviços especializados” exclusivo para o padrão “H”. (BRASIL, 2013)

Como destaque do RBHA 145 a empresa candidata ao certificado deveria apresentar no ato da solicitação o Manual de Procedimentos de Inspeção (MPI). Este manual deveria explicitar detalhadamente como a empresa desenvolveria suas atividades de manutenção, seu sistema de inspeção, procedimentos de inspeção, definição das responsabilidades pelas inspeções, apresentar modelos de formulários de inspeção e o método de execução dessas inspeções. O MPI deveria ainda fazer referência a padrões de inspeções de determinado fabricante em relação a produtos aeronáuticos aos quais a organização estivesse pleiteando certificação. Os supervisores e inspetores deveriam possuir uma cópia atualizada do MPI que deveria, também, ser facilmente compreendido pelos demais colaboradores da empresa. O MPI deveria sofrer atualizações constantes, inclusive sendo estas encaminhadas para ciência e arquivo junto à ANAC.

#### 5.1.1 ESTRUTURA DE UMA ORGANIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO SEGUNDO O RBHA 145

Por longos anos as organizações de manutenção vinham trabalhando sem sofrer mudanças significativas em suas estruturas organizacionais ou funcionais. As organizações poderiam apresentar maior ou menor complexidade em suas estruturas em função

de seu porte e da diversidade de itens aeronáuticos que estavam autorizadas a trabalhar, refletindo no aumento de complexidade e detalhamento do MPI. Perante a agência reguladora a figura de maior destaque era a do Responsável pela Qualidade dos Serviços (RPQS), pois era o representante para tratar de assuntos entre a ANAC e a organização de manutenção. Sob sua responsabilidade se concentravam os setores voltados às atividades de manutenção.

A Figura 1 apresenta um modelo de como poderia ser a estrutura de uma organização de manutenção certificada segundo o RBHA 145.

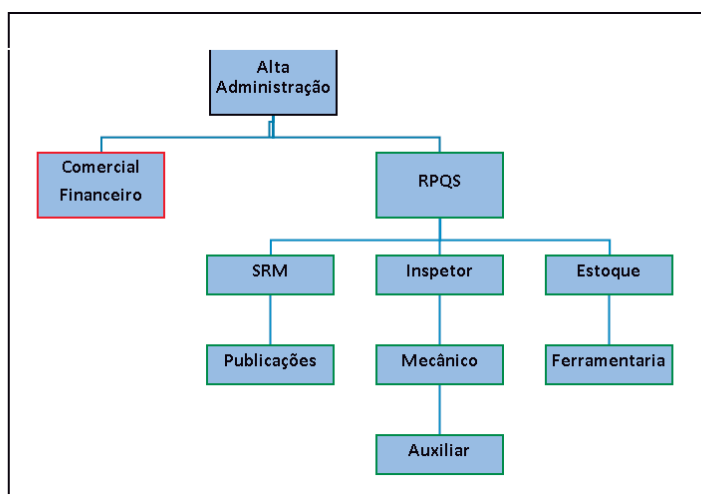


Figura 1 – Organização de manutenção segundo o RBHA 145.

De toda a regulamentação pertinente e vigente a época, aos procedimentos e ordens técnicas e manuais dos fabricantes, boletins de serviço, diretrizes de aeronavegabilidade, nacionais e estrangeiras, e as verificações locais o MPI era o documento que permitia a ANAC, uma vez que detinha uma cópia do mesmo, efetuar uma avaliação prévia quando devesse efetuar uma inspeção em uma empresa de manutenção para checar a conformidade dos requisitos conforme o RBHA 145.

## 5.2 O RBAC 145

A partir da publicação do RBAC 145 as organizações de manutenção deveriam adequar suas estruturas e operação conforme os parágrafos 145.1 – Aplicabilidade e 145.219-I Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional - SGSO, seguindo o cronograma, conforme a Tabela 3.

Prazo	Requisito	Providência
08.09.2013	145.151(a)	Designar o Gestor Responsável - GR
08.03.2014	145.207(d) e	Enviar à ANAC o MOM
	145.211(c)	Enviar à ANAC o MCQ
08.09.2014	145.163(a) e	Programa de Treinamento
	145.209(c)	Conteúdo do MOM - Operações
08.03.2015	145.51(a)(1)-I	Declaração de Conformidade – RBAC 43
	145.53(d)	Declaração de Conformidade com D.G.R.
	145.153 (b)(2)-I(i)	Pessoal de Supervisão
	145.161(a)(2)	Pessoal de Inspeção - Lista
	145.165(b)	Treinamento em DGR (121) e (135)
	145.209 (d)(2)	Autoavaliação
08.03.2016	A145.1(g)(ii) do Ap. A-I	Cadastro do Responsável Técnico
08.03.2019	145.214-I(b)	Implantação do SGSO

Fonte: ANAC

Tabela 3: Cronograma de implantação dos requisitos RBAC 145.

À exceção do prazo de implantação do requisito relativo ao SGSO, 08 de março de 2019, os demais requisitos ficaram distribuídos por um período de três anos desde a publicação do RBAC 145. A adequação das organizações a nova regulação não implicou, em momento algum, a parada de suas operações, mas determinou um estudo dos novos requisitos e, principalmente, estabeleceu prazos para seu cumprimento. As empresas que já funcionavam autorizadas pela ANAC, detentoras do CHE, se viram obrigadas quando da publicação do RBAC 145 a reformular toda sua documentação e reestruturar-se a fim de atender a nova realidade.

Como primeira providência estabelecida no RBAC 145, tabela 3, uma organização de manutenção deveria designar perante ANAC o Gestor Responsável – GR que, dentre outras funções, deve assegurar “que todas as operações sejam conduzidas sob este regulamento, assumindo a responsabilidade primária (accountability) pela organização de manutenção” (BRASIL, 2017).

O RBAC 145 trouxe como mudança que os “Padrões” referidos no RBHA 145 passaram a ser chamados de “Categorias” sendo subdivididas em Célula, Motor, Hélice, Rádio, Instrumento, Acessório e Serviços Especializados. Também desmembrou requisitos contidos no MPI e criou ainda outros. Passou a requerer a emissão do Manual de Organização de Manutenção (MOM), o Manual de Controle de Qualidade - MCQ, o Programa de Treinamento e a adoção de um Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO), este último a ser apresentado no formato de plano de implantação a ser submetido para aprovação da ANAC. Atendidos os requisitos do RBAC 145 uma organização de manutenção recebe o Certificado de Organização de Manutenção (COM).

### 5.2.1 MANUAL DE ORGANIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO

O MOM deve descrever a estrutura da organização, as responsabilidades dos diversos setores e pessoal envolvido na atividade de manutenção, os procedimentos para a realização das atividades de manutenção, manutenção preventiva ou alteração de um artigo aeronáutico na sede ou fora dela, as formas de registro dos serviços realizados, seu controle e como rastreá-los, e os procedimentos de recebimento, acesso, emenda e distribuição, dos dados de aeronavegabilidade necessários, oriundos da ANAC, do detentor do certificado de tipo ou da organização do projeto de tipo, inclusive as Diretrizes de Aeronavegabilidade.

O MOM deve ainda fazer menção ou referência aos demais manuais e formas de controle e registro de procedimentos que não estiverem explicitados no seu conteúdo. O MOM é aceito pela ANAC.

### 5.2.2 MANUAL DE CONTROLE DE QUALIDADE

Quando se fala em gestão de qualidade o que normalmente vem à mente é a certificação de uma organização seguindo o padrão ISO, no caso de uma organização de manutenção de produto aeronáutico, seria de se esperar a certificação em conformidade com a ABNT NBR ISO 9001:2015 – Sistema de Gestão da Qualidade ou a norma NBR 15100:2010 – Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos para organizações de aeronáutica, espaço e defesa. Contudo, a publicação da Instrução Suplementar – IS Nº 145-009, revisão A, em 06 de setembro de 2013, orientou as organizações quanto à elaboração de um manual de controle de qualidade citando que elementos das normas de sistemas de gestão da qualidade pudessem ser adotados, portanto, não exigindo outra certificação. O MCQ pode definir requisitos similares aos de um sistema de gestão, sem a obrigatoriedade de uma certificação ISO 9000. Por outro lado, Machado et al. (2009) observaram que algumas empresas optaram por obter certificação no Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9000, para tentar alcançar nível aceitável de gestão organizacional e de recursos humanos.

O MCQ deve descrever o sistema de controle de qualidade adotado pela organização e os procedimentos usados para executar inspeção de recebimento de um artigo aeronáutico ou matéria prima, inspeção preliminar, inspeção de danos ocultos quando um artigo estiver envolvido em acidente, inspeção final e aprovação para o retorno ao serviço, estabelecer e manter o controle do pessoal autorizado a assinar as aprovações e liberações, estabelecer e manter a proficiência do pessoal técnico, descrever a forma de controle de calibração periódica dos equipamentos de medida de precisão, estabelecer a forma como realiza auditorias internas e como recebe as auditorias ou inspeções externas, bem como a forma de tratar as não conformidades. O MCQ deve ainda, quando pertinente, fazer referência às normas ou especificações do fabricante de um artigo aeronáutico relativos a inspeção do referido artigo. O MCQ é aceito pela ANAC.

### 5.2.3 PROGRAMA DE TREINAMENTO

No RBHA 145, parágrafo 145.39 – Requisitos para Pessoal – Geral e 145.40 – Requisitos Especiais para Pessoal, assim como no Apêndice C, eram exigidos qualificação, experiência ou especificamente como citado na letra (e) do parágrafo 145.39:

(e) Cada oficina homologada deve possuir empregados com conhecimento detalhado das particulares técnicas e procedimentos de manutenção para as quais a oficina foi homologada, adquiridos em cursos promovidos pelos fabricantes, em escolas homologadas ou em larga experiência com o produto ou com as técnicas envolvidas. (BRASIL, 2005).

Ou seja, se um técnico realizasse curso de um determinado equipamento ou modelo de aeronave no fabricante ou internamente na própria organização, com o passar dos anos não era requerido que o mesmo realizasse novo treinamento com a finalidade de reciclagem ou atualização. Neste sentido, e dependendo da tarefa executada em determinado equipamento, corria-se o risco de que esse técnico perdesse capacitação naquilo que fosse atualizado pelo fabricante, ficando defasados seus conhecimentos em função de atualização ou modificação dos manuais técnicos, emissão de Boletim de Serviço - BS ou de Diretriz de Aeronavegabilidade - DA. As organizações de manutenção vinculadas aos operadores conforme o RBAC 121 ou 135 já adotavam o modelo de treinamentos periódicos, inicial e recorrente justamente com a finalidade de manter atualizados seus técnicos, supervisores e inspetores. Contudo, para as organizações de manutenção desvinculadas desses operadores não era exigido tal procedimento. Com a publicação do RBAC 145, foi percebido que a modificação mais expressiva quanto a treinamento de pessoal, foi a obrigatoriedade da emissão do Programa de Treinamento.

Como requisito o programa de treinamento deve trazer a periodicidade (reciclagem/recorrência) de treinamentos técnicos (produtos aeronáuticos) e administrativos (regulatórios). A organização deve definir a necessidade e a periodicidade de cada treinamento, bem como a forma de controlar seus vencimentos. Os treinamentos são divididos nos seguintes níveis, conforme a seção 5.2.5 Escopo e complexidade do programa: Treinamento em doutrinação; Treinamento técnico (inicial e recorrente), Treinamento especializado e avançado (inicial e recorrente) e Treinamento corretivo recorrente. “O programa de treinamento deve assegurar que cada pessoa designada para executar manutenção, manutenção preventiva ou alteração e funções de inspeção e de registro seja capaz de executar as tarefas a ela designadas.” (BRASIL, 2014) O programa de treinamento é aprovado pela ANAC. (grifo nosso).

#### 5.2.4 SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA OPERACIONAL

O RBAC 145 determina que seja implantado um Sistema de Gestão de Segurança Operacional até 08.03.2019, Tabela 3. O SGSO foi um dos novos requisitos exigidos a partir de então para as oficinas de manutenção de produto aeronáutico. Dentre outras providências, ficou estabelecido que a organização de manutenção deve nomear um Representante da Alta Direção para a Segurança Operacional – RSO, pessoa designada pelo Gestor Responsável e aceita pela ANAC para gerir todas as ações relativas à condução e implementação do SGSO da organização, inclusive representando a mesma junto à ANAC nos assuntos relacionados. (BRASIL, 2014).

Como requisito o SGSO trouxe, também, uma abordagem específica voltada para fatores humanos na manutenção de aeronaves. Esse assunto passou a partir de então a ter um tratamento sem registro na legislação anterior. Segundo Machado, et al (2009), aparentemente no Brasil não se dava importância ao desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada para a segurança. O SGSO proposto determina as ações de treinamento das particularidades da gestão da segurança operacional e de fatores humanos, conforme aplicável.

Segundo Renato et al (2013), “um sistema de reporte de perigos e pessoal treinado para essa atividade permite que se avalie a conduta de quem contribui para o erro.” Não é objeto deste artigo abordar as particularidades sobre os reportes de erros e violações na aviação em geral. Contudo, destacando o aspecto treinamento do SGSO para as organizações de manutenção, observa-se a oportunidade de que uma vez implementada uma cultura de segurança operacional (safety) adequada a cada organização, a resistência para reportar perigos venha a diminuir entre o pessoal de manutenção, contribuindo conseqüentemente para a queda da participação do fator manutenção de aeronaves nas estatísticas de acidentes e incidentes aeronáuticos.

Detalhando e orientando o desenvolvimento do SGSO junto das organizações de manutenção, foi publicada a Instrução Suplementar 145.214-001A (BRASIL, 2014). O SGSO é aceito pela ANAC.

#### 5.2.5 ESTRUTURA DE UMA ORGANIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO SEGUNDO O RBAC 145

A publicação do RBAC 145 provocou uma elevação na complexidade das organizações, como visto até aqui. Não bastaria apenas a elaboração e a publicação dos manuais MOM, MCQ, de programa de treinamento e elaboração e implantação do SGSO. Novas responsabilidades foram estabelecidas, sendo exigido que as organizações definissem formalmente e nominando esses agentes dentro de sua estrutura. Como requisito, cada função ou atividade admitida dentro da organização deveria ser detalhadamente discriminada no MOM. No MCQ foram definidos requisitos similares aos de um sistema de gestão, sem a obrigatoriedade de uma certificação como a ISO 9000. O SGSO passou a ser obrigatório a todas as organizações de manutenção, mesmo para aquelas que não estavam vinculadas ao trabalho junto a operadores regidos pelos RBAC 121 e 135.

A Figura 4 traz um modelo de como pode ser estruturada uma organização de manutenção certificada segundo o RBAC 145.

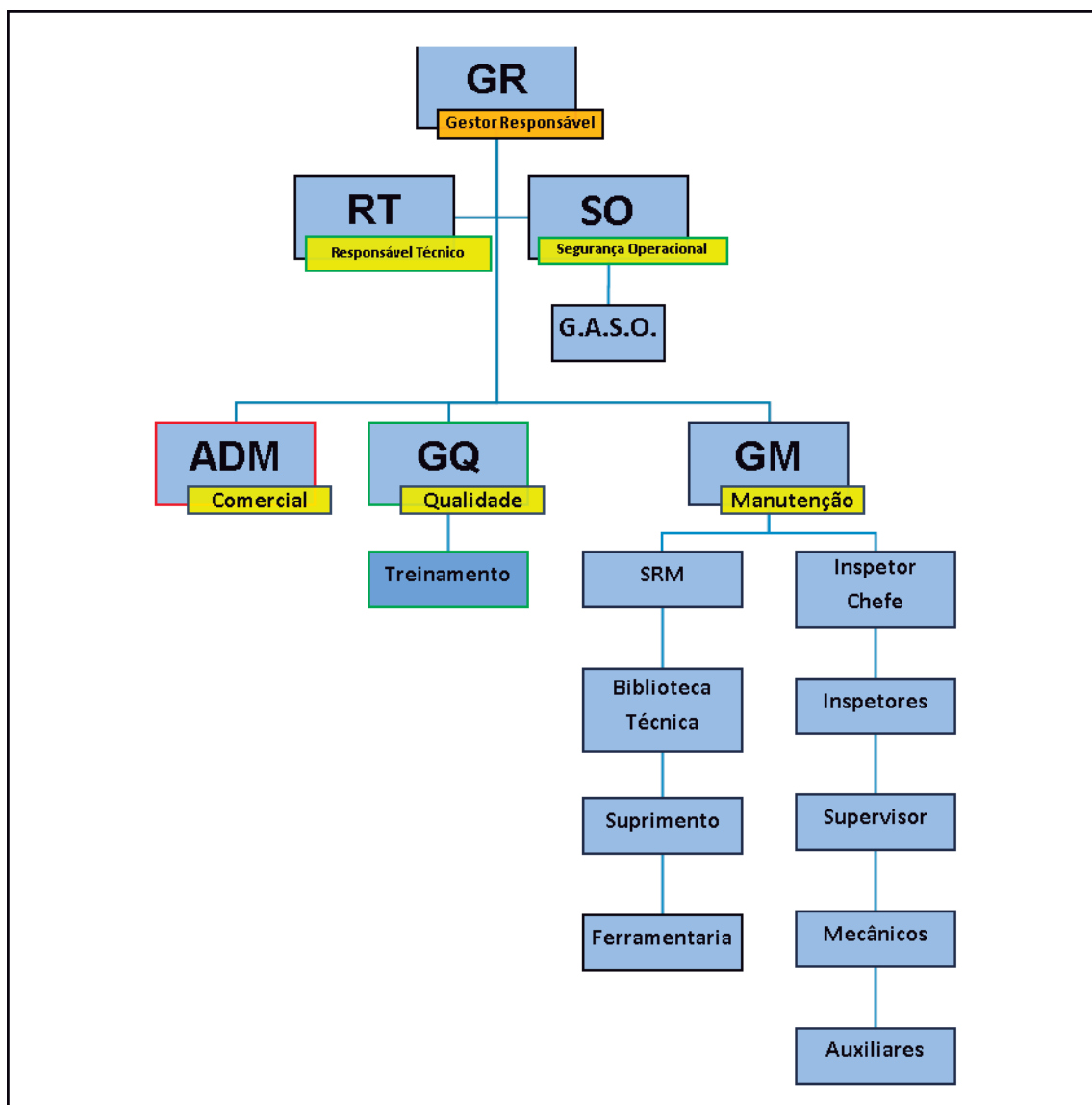


Figura 2 – Organização de manutenção segundo o RBAC 145.

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho representa um estudo preliminar sobre a adequação das oficinas de manutenção aeronáutica face os requisitos do RBAC 145. Trata-se de uma abordagem que procurou mostrar basicamente as diferenças entre as estruturas das organizações de manutenção com destaque para a segurança de voo. Não é pretensão desse trabalho fechar a questão sobre o assunto. Ao contrário, os pontos aqui abordados poderão ser objeto de questionamentos futuros através de novos trabalhos de pesquisa.

A questão da certificação das organizações de manutenção pela ANAC é clara mediante os requisitos propostos no RBAC 145. Cabe as organizações de manutenção buscar dentro do modelo proposto a melhor forma de atender aos requisitos. Como visto, a mudança não foi só a do regulamento. Para as oficinas que operavam fora da abrangência dos RBAC 121 e 135 houve a necessidade de estudos pela introdução de novos conhecimentos e conceitos visando a adequação para o cumprimento dos novos requisitos. Em relação aos cursos e treinamentos do pessoal técnico, além do treinamento inicial, surgiu a obrigatoriedade do treinamento recorrente ou periódico não sendo mais aceitável que um técnico fique dependendo somente dos anos de experiência ou da prática, devendo passar por reciclagem ou atualização periódica. A gestão da segurança operacional, através do SGSO, acarretou que as oficinas desvinculadas dos operadores segundo o RBAC 121 e 135 deverão ter a capacidade de perceber além do aspecto da qualidade dos produtos e serviços e ‘enxergar’ como elas poderão contribuir efetivamente para melhorar a segurança de voo no operador.

Por fim, a partir deste trabalho pode-se propor a seguinte questão: em que medida as mudanças trazidas pelo RBAC 145 com a adoção dos manuais MOM, MCQ, Programa de Treinamento e implantação do SGSO poderão consolidar um sistema de gestão com vistas para a melhoria da segurança de voo nas organizações de manutenção? Nesse sentido, este trabalho lança luz sobre as mudanças que estão ocorrendo nas organizações de manutenção de produto aeronáutico, permitindo assim acompanhar a evolução dessas organizações em termos técnicos e organizacionais.



**REFERÊNCIAS**

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Proposta do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 145**, “Organizações de manutenção de Produto Aeronáutico” Justificativa. 2010. Recuperado em: <[http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas.publicas/audiencias/2010/aud11/justificativa\\_rbac145.pdf](http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas.publicas/audiencias/2010/aud11/justificativa_rbac145.pdf)>.
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 121**: Requisitos Operacionais: Operações Domésticas, de bandeira e Suplementares. Emenda 03. Brasília, 2010.
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 135**: Requisitos Operacionais: Operações Complementares e por Demanda. Emenda 03. Brasília, 2014.
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 145**: Organizações de Manutenção de Produto Aeronáutico. Emenda 01. Brasília, 2014.
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 145**: Empresas de Manutenção de Aeronaves. Emenda 145-04. Brasília, 2005. Recuperado em: <<http://pergamum.anac.gov.br/arquivos/RBHA145>>, Acesso em: maio de 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 58-1**: Panorama estatístico da aviação civil brasileira. Brasília, 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6**: Manual de Investigação do SIPAER. Brasília, 2011.
- BRASIL. Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 set. 2005. Seção 1, p.1-8.
- MACHADO, C.M. et al. Manutenção Aeronáutica no Brasil: distribuição Geográfica e Técnica, **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 243-253. 2015.
- Machado, M.C. et al. Avaliação de Empresas de Manutenção Aeronáutica, In: 3<sup>rd</sup> CTA-DLR Workshop on Data Analysis & Flight Control. **Proceedings...** São José dos Campos, 2009.
- RENATO, L.; RIBEIRO S.L.O. (2013), Reporte de Erros e Violações na Aviação: A Avaliação de Condutas Inaceitáveis. **Revista Conexão SIPAER**. Brasília, v. 4, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/233/251>>. Acesso em: jan. 2017...

---

# Análise da Aplicação dos Conceitos de Corporate Resource Management (CRM) Nas Missões de Resgate Aeromédico no Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão (GRPAE)

Ricardo Galesso Cardoso<sup>1</sup>, Bruno Seeberger de Mattos Abreu<sup>2</sup>, Daiane Zatta<sup>3</sup>, Giovanni Bastiani<sup>4</sup>, Donizeti de Andrade<sup>5</sup>

1 Médico do Grupo de Resgate e Atenção às Urgências e Emergências (GRAU), médico de voo do GRPAE, médico do 4º Esquadrão de Transporte Aéreo da Força Aérea Brasileira.

2 Graduado em Aviação Civil, Comandante de Airbus A320 na Avianca Brasil.

3 Graduada em Administração, comissária de bordo da LATAM.

4 Tenente Aviador, piloto de transporte da Força Aérea Brasileira, graduando do ITA.

5 Docente do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, coordenador dos cursos de Mestrado e Especialização em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada.

---

**RESUMO:** Nas missões de resgate aeromédico do Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão (GRPAE), a tripulação é composta por militares e civis, todos com função a bordo durante todas as fases das missões. Essa configuração mista, civil-militar, é pouco usual nos serviços de resgate aeromédico, e supõe-se que ela possa gerar dificuldades operacionais, principalmente em relação à aplicação dos conceitos de CRM. Nesse estudo, são propostas uma análise da aplicação dos princípios do CRM nas operações de resgate aeromédico do GRPAE e da influência da composição da tripulação nessas missões. Esse trabalho foi realizado através da aplicação de um questionário aos tripulantes das missões aeromédicas do GRPAE, com a análise das respostas obtidas. Foi realizada também uma análise dos Relatórios de Prevenção (RELPREV) relativos às missões aeromédicas. Dos 115 tripulantes cadastrados, 76 acessaram a pesquisa, sendo que 70 responderam o questionário de forma completa. Das respostas obtidas, 44% do total de tripulantes tinham seu treinamento desatualizado ou ainda não o tinham realizado. Dos participantes, 79% alegaram que essa peculiaridade é benéfica por vezes ou sempre benéfica, 16% a classificaram como indiferente, e apenas 5% consideraram a tripulação mista civil-militar como sendo prejudicial. As respostas obtidas no questionário evidenciaram que os tripulantes consideram que os preceitos do CRM são aplicados corretamente nas missões de resgate aeromédico, e que a presença do médico civil não é percebida como sendo prejudicial à aplicação dos conceitos preconizados pelo CRM. Apesar da importância dada ao treinamento em CRM, muitos dos tripulantes das missões de resgate aeromédico do GRPAE ainda não o possuem ou estão com esse treinamento desatualizado.

**Palavras Chave:** Resgate Aeromédico. *Corporate Resource Management*. Helicóptero.

## Of Aeromedical Rescue in the João Negrão Air Patrol Group (GRPAE)

**ABSTRACT:** In the aeromedical rescue missions of the João Negrão Air Patrol Group (GRPAE), the crew is composed by military and civilian personnel, all of them with on-board function during all phases of the missions. This mixed configuration, civil-military, is unusual in aeromedical rescue services, and is supposed to generate operational difficulties, especially in relation to the application of CRM concepts. In this study, we propose an analysis of the application of the CRM principles in the aeromedical rescue operations of the GRPAE and the influence of crew compositions in these missions. This work was carried out through the application of a questionnaire to GRPAE aeromedical missions' crew members, with the analysis of the answers obtained. An analysis of the Prevention Reports (RELPREV) on aeromedical missions was also carried out. From the 115 registered crew members, 76 accessed the survey, and 70 of them completed the questionnaire. From the responses obtained, 44% of the total crew had their training outdated or had not yet performed it. From the participants, 79% claimed that this peculiarity is beneficial sometimes or always beneficial, 16% classified it as indifferent, and only 5% considered the civil-military mixed crew to be harmful. The answers obtained in the questionnaire showed that crew members consider that the precepts of the CRM are correctly applied in the missions of aeromedical rescue, and that the presence of the civil physician is not perceived as being harmful to the application of the concepts recommended by the CRM. Despite the importance given to CRM training, many of the GRPAE's aeromedical rescue missions have never made it or are not current with it.

**Key words:** Aeromedical Rescue. *Corporate Resource Management*. Helicopter.

**Citação:** Cardoso, RG, Abreu, BSM, Zatta, D, Bastiani, G, Andrade, D. (2017) A Segurança de Voo nas Organizações de Manutenção Aeronáutica no Brasil e o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 145. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 13-20.

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte de pacientes por meio de aeronaves tem sua origem e evolução ligadas aos diversos conflitos armados ocorridos ao longo da história moderna. O surgimento do helicóptero na configuração tradicional (rotor de cauda e rotor principal), idealizado por Igor Sikorsky, em 1939, permitiu um enorme incremento na versatilidade das operações aeromédicas. A possibilidade de pousar e decolar verticalmente em locais restritos e não preparados possibilitou sua utilização como um meio eficaz de evacuação de feridos. O primeiro transporte de paciente por helicóptero de que se tem registro ocorreu em abril de

1944, quando uma aeronave Sikorsky YR-4B do exército norte-americano resgatou quatro soldados britânicos feridos, localizados atrás das linhas inimigas na região da Birmânia, atual Myanmar (KESSLER, 2015).

Os helicópteros começaram a ser utilizados efetivamente para transporte aeromédico na Guerra da Coreia (1950-1953), com esquadrões dedicados exclusivamente a essas missões. Os recursos ainda eram muito limitados, pois os pacientes eram levados do lado de fora da aeronave, em macas adaptadas aos esquis, o que não permitia a realização de nenhum procedimento médico em voo. Nesse conflito foram transportados mais de 20.000 militares feridos. Na Guerra do Vietnã (1955-1975), houve um incremento ainda maior no uso de helicópteros para resgate em combate, com a utilização extensiva dos Bell UH-1 Huey, que evacuaram mais de 200.000 soldados. A tripulação dessas aeronaves já contava com um militar especializado na área da saúde, que tinha condição de fazer a triagem dos feridos e realizar procedimentos médicos de urgência (CARDOSO, 2014).

Com os resultados positivos obtidos nos conflitos armados, instituições civis em diversos países do mundo começaram a utilizar o helicóptero para o resgate e transporte de enfermos e acidentados. Podem-se destacar, entre essas, a Helicopter Life Saving Patrol (HELP), na Filadélfia, Estados Unidos, a Guarda Aérea Suíça de Resgate (*Rettungsflugwacht Garde Aérienne* - REGA) e a Associação Geral Alemã de Automóveis (*Algemeiner Deutscher Automobil Club* - ADAC), que iniciaram suas atividades entre as décadas de 1950 e 1960 (FREIXO, 2013).

No Brasil, os primeiros registros de transporte aéreo de enfermos são da década de 1930, nos voos do Correio Aéreo Nacional (CAN), sendo que o primeiro serviço especializado em Busca e Salvamento (*Search and Rescue* – SAR) foi estabelecido pela Força Aérea Brasileira, em 1957, data da criação do 2º Esquadrão do 10º Grupo de Aviação, o Esquadrão Pelicano. No âmbito da aviação de segurança pública e defesa civil, o estado do Rio de Janeiro foi o primeiro a utilizar helicópteros, com a criação da Polícia Aérea (AEROPOL) em 1970, órgão ligado à Polícia Civil. (FREIXO, 2013).

No estado de São Paulo, a Polícia Militar (PM) iniciou o emprego de aeronaves de asas rotativas através do Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão (GRPAe), a partir de 15 de agosto de 1984, operando inicialmente duas aeronaves do tipo Esquilo, empregadas em missões de policiamento, salvamento, observação, transporte e monitoramento do trânsito na região metropolitana da cidade de São Paulo. Apesar do início das operações aéreas em 1984, foi apenas em maio de 1989, com a implantação do Sistema de Resgate a Acidentados do Estado de São Paulo, por meio de um convênio entre a Secretaria de Estado da Saúde e a Secretaria de Segurança Pública (SSP), que se iniciaram as missões de resgate aeromédico no GRPAe.

O GRPAe dispõe atualmente de 23 aeronaves do modelo AS350 “Esquilo”, helicóptero de categoria leve, monoturbina, com capacidade para levar até seis pessoas e homologado para voo visual diurno e noturno. Essas aeronaves estão distribuídas entre a base da capital e mais outras 10 no interior do estado. Nas cidades de São Paulo, Campinas e São José dos Campos há uma aeronave configurada exclusivamente para resgate aeromédico, disponível para atendimento todos os dias, do nascer ao pôr do sol.

O GRPAe apresenta uma peculiaridade em sua operação: a tripulação destinada à execução do resgate aeromédico é composta por dois pilotos, oficiais da PM, um enfermeiro, praça da PM, e um médico, que pode ser um oficial PM, ou mais frequentemente, um médico civil pertencente ao Grupo de Resgate e Atenção às Urgências e Emergências (GRAU), órgão da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo que presta o suporte avançado em atendimento pré-hospitalar no estado. Diferentemente do que é feito em outros países e na maioria dos estados brasileiros, os médicos são treinados para serem tripulantes nas operações aeromédicas, participando ativamente da coordenação de cabine durante todas as fases do voo, e especialmente nos pousos e decolagens em áreas restritas e/ou não preparadas.

Essa peculiaridade pode constituir uma ameaça para a operação, caso os médicos não desempenhem seus papéis de forma correta e assertiva, devido a diferenças de cultura organizacional e experiência a que tenham sido expostos durante suas formações, em comparação aos militares, que compõem o restante da tripulação. No intuito de mitigar esse risco, o treinamento de *Corporate Resource Management* (CRM) é aplicado na corporação, de maneira a tentar diminuir as eventuais barreiras de comunicação e possíveis divergências de conduta entre os tripulantes.

## 2 JUSTIFICATIVA

As operações de segurança pública de resgate aeromédico e de defesa civil crescem a cada dia e cada vez mais se tornam um serviço indispensável para a sociedade. A interrupção ou fragilização desse sistema, devido a um evento indesejado, podem colocar muitas vidas em risco pela falta do atendimento rápido e preciso.

A atividade aérea é carregada de fatores de riscos e ameaças. Um estudo de Kessler (2015) aponta que o uso de helicópteros nas missões de resgate aeromédico está entre os quatro primeiros na lista de acidentes com helicópteros. Nesses acidentes, destaca-se o erro humano, definido pelo baixo desempenho do tripulante em suas atribuições, como um fator determinante. Assim, há um esforço mundial para tentar reduzir o número de acidentes aeronáuticos envolvendo helicópteros, mitigando os fatores de risco trazidos pelo elemento humano.

Os voos em missões operadas pela Polícia Militar, sejam de patrulhamento ou de resgate aeromédico, adicionam uma quantia ainda maior de variáveis que podem potencializar os riscos envolvidos. Um deles é a própria natureza do treinamento policial terrestre que, reforçada pela cultura organizacional vivenciada pelos tripulantes, cultua o senso de urgência, improvisado e sacrifício para o cumprimento da missão (SILVA, 2011). Portanto, essa cultura, tão combatida na atividade aérea, pode permear essas operações.

O emprego de tripulações mistas, contendo tripulantes civis e militares, é raramente utilizado pelos operadores de resgate aeromédico, portanto, verificar se essa combinação pode vir a prejudicar o serviço prestado justifica-se pelo intuito de elevar o nível de segurança das operações.

As tripulações dessas missões são compostas por integrantes civis e militares, de diferentes patentes, que trazem formação específica, como experiências pessoais e traços culturais associados às vivências em suas respectivas profissões.

### 3 OBJETIVO

O presente estudo tem como objetivo a análise da aplicação dos conceitos de CRM nas missões de resgate aeromédico executadas pelo Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão, buscando determinar se a interação entre uma tripulação civil-militar interfere na aplicação de tais conceitos. Caso exista essa interferência, pretende-se encontrar e delinear os pontos que possam dar origem às condições de conflito.

Propõe-se uma pesquisa de campo para determinar como as ferramentas do CRM são percebidas e utilizadas pelos integrantes do GRPAe, na tentativa de captar se essa filosofia está enraizada na cultura operacional e se a interação entre tripulantes civis e militares, como possível fator disruptivo, é reconhecida por eles.

### 4 MÉTODO

Esse trabalho foi realizado através da aplicação de um questionário aos tripulantes das missões aeromédicas do GRPAe, com posterior análise das respostas obtidas. O questionário foi estruturado eletronicamente, através de um website específico para esse objetivo ([www.onlinepesquisa.com](http://www.onlinepesquisa.com)), e foi enviado via correio eletrônico aos participantes da pesquisa. As respostas foram obtidas de maneira voluntária e os participantes não foram identificados.

Receberam o questionário todos os pilotos, médicos e enfermeiros que participam efetivamente das missões de resgate aeromédico, que têm lugar nas bases do GRPAe de São Paulo, Campinas e São José dos Campos.

Através desse questionário, obteve-se uma avaliação subjetiva da percepção dos aeronavegantes em relação à aplicação dos conceitos de CRM durante a rotina das operações.

Foi realizada também uma análise do material e do método utilizados para fornecer o treinamento *Corporate Resource Management* (CRM) para esses aeronavegantes, bem como uma avaliação do número de tripulantes que possuem esse treinamento e a periodicidade com que ele é realizado. Para essa análise, foram consultados o manual de CRM do Grupamento e obteve-se acesso aos dados relativos ao CRM dos aeronavegantes, fornecidos pela Divisão de Segurança de Voo do GRPAe.

Foram analisados também os RELPREV relativos às missões de resgate aeromédico, no intuito de se identificar a influência do CRM nas situações de perigo relatadas, bem como a contribuição da presença do médico civil nessas situações.

### 5 RESULTADOS

Inicialmente, todos os RELPREV preenchidos pelo GRPAe no período de janeiro de 2012 a junho de 2016 foram analisados. Nesse período, o GRPAe (bases de São Paulo, Campinas e São José dos Campos) redigiu ao todo 571 RELPREV, sendo 122 (21,4%) relacionados às missões de resgate aeromédico e o restante (78,6%) relacionado às demais missões realizadas pelo GRPAe.

Baseado na definição de CRM encontrada na IAC 060-1002A da ANAC (2005), os 122 RELPREV envolvendo missões de resgate aeromédico foram divididos em duas categorias: relatos em que o CRM contribuiu para o aumento do risco durante a missão e relatos em que o CRM não contribuiu. Foi constatado que em 51% (62 RELPREV) houve falhas na aplicação dos conceitos do CRM nas situações de perigo relatadas.

Por fim, foram verificados todos os RELPREV de missões de resgate aeromédico em que o médico civil estivesse diretamente envolvido. De acordo com os dados obtidos, dos 122 RELPREV, o médico esteve envolvido em 59 casos (48%). Levando-se em consideração apenas as situações de perigo com falhas na aplicação do CRM, esse número aumenta, chegando a atingir 77% dos relatos (48 RELPREV).

Em relação ao questionário, dos 115 tripulantes cadastrados, 76 acessaram a pesquisa, sendo que 70 responderam o questionário de forma completa, o que representa 61% do total de participantes. Separando-se os participantes por função, tem-se que 49% foram médicos, 31% comandantes, 13% copilotos e 7% enfermeiros. Classificando-se os respondentes em civis e militares, obteve-se 54% de militares e 46% de civis.

Os participantes foram questionados inicialmente sobre se haviam participado de algum treinamento de CRM na corporação, e em caso afirmativo, há quanto tempo o haviam feito, considerando o treinamento como desatualizado se tivesse sido realizado há mais de 3 anos. Das respostas obtidas, 44% do total de tripulantes tinham seu treinamento desatualizado ou ainda não o tinham realizado. Analisando isoladamente os civis, 56% estavam com seu treinamento desatualizado ou ainda não o haviam feito, sendo que nos tripulantes militares essa condição foi encontrada em 34% dos respondentes. Dos participantes que realizaram o CRM, 95% classificou seu treinamento como ótimo ou bom.

Questionou-se sobre o grau de importância que o CRM teria para a segurança de voo, sendo que 92% dos participantes respondeu que o considerava muito importante. Dos 8% de participantes que consideraram o CRM como parcialmente importante ou indiferente, todos eram médicos civis que não haviam realizado esse treinamento.

Outra questão perguntou se o tripulante considerava que os preceitos expostos no treinamento de CRM eram aplicados na rotina das missões de Resgate Aeromédico. Dos participantes, 91% considerou que tais preceitos eram aplicados sempre ou com frequência. Dos 4% que consideraram que o CRM era aplicado muito pouco durante as missões, todos foram médicos sem treinamento em CRM.

Questionou-se também sobre a influência da tripulação mista civil-militar na aplicação dos preceitos do CRM. Dos participantes, 79% alegaram que essa peculiaridade é benéfica por vezes ou sempre benéfica, 16% a classificaram como indiferente, e apenas 5% consideraram a tripulação mista civil-militar como sendo prejudicial.

Os participantes foram então questionados diretamente se consideravam que a presença de um médico civil dificultaria a aplicação do CRM nas missões aeromédicas. Dos respondentes, 85% considerou que a presença do civil nunca ou muito pouco dificulta o CRM, sendo que dos 15% que responderam afirmativamente, considerando então que a presença do médico civil dificulta a aplicação do CRM, a metade foi dos próprios médicos civis.

Quando questionados sobre deixarem de expressar sua opinião diante de uma situação anormal pelo fato de não se sentirem à vontade para falar diretamente com um tripulante civil, 90% dos militares responderam que isso ocorre nunca ou muito pouco. De forma semelhante, quando questionados se deixaram de expressar sua opinião diante de uma situação anormal por não estarem à vontade para falar diretamente com um militar, 82% dos civis disseram que isso acontece nunca ou muito pouco, sendo que, dos que responderam afirmativamente, 66% não havia realizado treinamento em CRM.

Questionou-se então se os participantes já haviam deixado de expressar uma opinião diante de alguma situação anormal por medo de repreensão, e obteve-se como resposta que com 86% dos respondentes isso nunca ou muito pouco ocorreu. Dos participantes que relataram que isso acontece esporadicamente ou com frequência, 60% foram os médicos civis.

Questionando-se especificamente quais seriam as principais dificuldades encontradas pelos tripulantes na aplicação do CRM, obteve-se como resultado mais frequente para os médicos a preocupação com a ocorrência de violações, seguida pelas dificuldades em relação à fraseologia e ao receio de atrapalhar ou incômodo em falar durante o voo. Entre os pilotos, a dificuldade relatada com mais frequência foi em relação à influência da fadiga no desempenho em voo. A maioria dos tripulantes (69%) relatou não ter dificuldade nenhuma em relação à aplicação do CRM, sendo que 49% desses foram os civis, dentre os quais metade não possuía o treinamento em CRM.

Em relação à participação em atividades LOFT (*Line Oriented Flight Training*), das respostas obtidas, 93% dos tripulantes relataram não terem realizado este tipo de treinamento.

## 6 6 DISCUSSÃO

O objetivo primário deste estudo é análise da influência da interação civil e militar existente na composição das tripulações utilizadas pelo GRPAe para as missões de resgate aeromédico, no que tange à aplicação dos preceitos de CRM.

Essa configuração é bastante incomum, tanto em nível nacional como em nível mundial, considerando-se que o médico civil é efetivamente um tripulante, ou seja, tem função operacional a bordo da aeronave durante todas as fases do voo.

A composição das tripulações que operam missões HEMS varia de acordo com as regulamentações específicas dos Estados onde os sistemas estão instalados, e são influenciadas pelo cenário econômico, pelo tipo de operação praticada e pelo modelo de helicóptero utilizado (KESSLER, 2015). Na maioria dos países, as missões de resgate são executadas por operadores civis. Como exemplos principais, podemos citar os serviços europeus e norte-americanos, descritos a seguir.

Na Alemanha e na Suíça a aviação é regulada pela European Aviation Safety Agency (EASA), e os serviços de resgate aeromédico estão normatizados no documento Commission Regulation - CR No 965/2012 (EASA, 2012) subparte J. Nesse documento se exige, para as operações HEMS, a tripulação mínima de um piloto e um tripulante técnico HEMS para a operação diurna e dois pilotos mais o técnico HEMS para a operação noturna. A função de tripulante técnico HEMS é desempenhada pelo paramédico que, além das funções de voo, auxiliando o piloto, auxilia o médico no tratamento do paciente. É válido destacar que no programa periódico de treinamento do tripulante técnico HEMS constam atividades curriculares que visam melhorias na coordenação da tripulação e avaliações em rota, com o objetivo de medir o desempenho do tripulante. O médico é classificado como um passageiro, e somente recebe um pequeno treinamento sobre como trabalhar no ambiente da aviação. Os operadores desses países são, em sua maioria, privados e fazem parte de um programa de cobertura de atendimento médico elaborado pelo governo.

Nos Estados Unidos, o órgão responsável por regular o sistema HEMS é a FAA. O documento que normatiza este tipo de operação é o *Federal Aviation Regulations - FAR Part 135.601*, subparte L (FAA, 2014). Esse regulamento dispõe de várias regras que foram implementadas para gerar melhorias na segurança operacional do setor. Dentre as mudanças estão a utilização de equipamentos para evitar colisões com o terreno e obstáculos, a implementação de mínimos meteorológicos específicos para a operação HEMS, o requisito para que os pilotos possuam habilitação em *Instrument Flight Rules* (IFR) e que a equipe médica tenha o treinamento adequado relativo à operação HEMS e o transporte aéreo. O sistema HEMS nos Estados Unidos é operado

por entidades civis, privadas e públicas, que visam ao lucro em suas operações. Os operadores geralmente empregam somente um piloto e um paramédico em suas missões. Menos de 5% dos prestadores desse serviço utilizam um médico socorrista (KESSLER, 2015).

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), órgão regulador da atividade aérea, não tem publicada uma norma específica para as operações de resgate aeromédico, portanto o serviço prestado pelo GRPAe é normatizado pelo documento da ANAC RBHA 91 - Regras Gerais Para Operação Com Aeronaves Civis (2004), em sua subparte K, que trata de operações aéreas de segurança pública e/ou defesa civil. Segundo essa norma, a prestação do serviço é estabelecida internamente pelas próprias instituições, de acordo com os recursos que possuem, elaborando e formando as suas tripulações. Um dos pontos a serem destacados é o treinamento da tripulação médica, composta pelo médico e o enfermeiro nas funções de voo, que é elaborado e executado dentro das corporações.

Em nível nacional, as atividades HEMS são executadas pelos serviços de Aviação de Estado, vinculados aos órgãos de segurança pública e defesa civil, ou pelas aviações das Forças Armadas. Nos serviços de Aviação de Estado, as tripulações que atuam em missões de resgate aeromédico são compostas tanto por militares como por civis, com a possibilidade de existir esses dois tipos de profissionais compondo uma mesma equipe. No entanto, no tocante específico à equipe médica, o que ocorre com maior frequência é a participação de um médico, civil ou não, na condição de “passageiro” durante a missão de resgate, ou seja, sem outra função a bordo durante o voo que não seja a de cuidar do paciente transportado. Sendo assim, a composição das equipes no GRPAe pode ser encarada como diferenciada e única, em relação aos demais serviços aeromédicos do país e do mundo.

No GRPAe, uma tripulação designada para missões de resgate aeromédico é composta por dois pilotos (primeiro e segundo piloto em comando), um médico de voo e um enfermeiro de voo. Nessas missões, as funções são divididas da seguinte maneira: o primeiro piloto (1P - Comandante da Aeronave - tripulante militar) tem como função primordial voar a aeronave e, quando em solo, é o responsável pela segurança dela, enquanto a equipe médica estiver realizando o atendimento às vítimas. O segundo piloto (2P - tripulante militar), denominado de Comandante de Operações, é o responsável pelas comunicações, tanto com os órgãos de controle e coordenação aeronáutica, como com as equipes e viaturas em solo. Tem também como função secundária o auxílio na navegação e o auxílio à equipe médica durante o atendimento à vítima. O médico de voo, na grande maioria das vezes tripulante civil, além de ser responsável pelo atendimento à vítima, durante o voo é responsável pela segurança do lado direito do helicóptero e pelo auxílio ao 1P no balizamento da aeronave durante os pousos e decolagens em áreas restritas. O enfermeiro de voo, tripulante militar, além de auxiliar o médico no atendimento ao paciente, é responsável pela segurança e balizamento no lado esquerdo da aeronave, bem como pela navegação (visual) da base até o local da ocorrência.

A escolha do local de pouso não é uma decisão exclusiva do comandante. Todos os tripulantes têm a oportunidade de sugerir o local e o procedimento que considerarem mais seguros e, após rápida análise, chegam a um consenso sobre o que irão realizar. O pouso e a decolagem em áreas restritas, locais não preparados e que oferecem muitos riscos, são, sem dúvida, as etapas mais críticas da missão, em relação à segurança de voo. Médico e enfermeiro devem orientar o piloto em comando no sentido de evitar obstáculos e colisões, tanto em relação ao rotor principal, como em relação ao rotor de cauda, além de fornecerem orientações relativas à distância dos esquis em relação ao solo, bem como condições do terreno.

As missões de resgate aeromédico têm por si só um elevado risco associado, devido a diversos motivos, tais como: caráter de urgência do socorro a uma vítima com risco de morte iminente, no qual o tempo é um fator agravante de sua condição de saúde; voo em áreas urbanas, em baixa altura, com poucas opções de locais para pouso em caso de emergências; pouso em áreas não preparadas e a pressão autoimposta pela tripulação para o cumprimento da missão.

Bledsoe e Smith (2004) realizaram uma revisão de acidentes com helicópteros em um período de 10 anos nos Estados Unidos, tendo encontrado 84 acidentes, com 260 vítimas, sendo 72 dessas fatais. Os autores classificaram como “*pilot error*” a causa de 64% desses acidentes, evidenciando Fatores Humanos (FH) como causa dominante.

Na Alemanha, onde se usam extensivamente helicópteros para resgate, Hilkenbein et al. (2008) publicaram uma análise de um período de 6 anos, na qual identificaram 24 acidentes com 7 vítimas fatais. Dentre todos os fatores contribuintes relatados, o principal foi o erro do piloto, presente em mais de 60% dos casos. Em outro artigo, publicado por Hinkelbein; Schwalbe e Genzwuerker (2010), são discutidos os motivos porque os voos em missões HEMS têm taxas mais elevadas de acidentes e incidentes. O fato é creditado ao perfil dessas missões, que envolvem a pressão para o resgate, a possibilidade elevada de entrada inadvertida em condições meteorológicas desfavoráveis, a incerteza do local de pouso e o estresse inerente à imprevisibilidade do cenário do resgate.

Fatores Humanos são a principal causa de acidentes em missões de resgate aeromédico. O estudo realizado por Kessler (2015) aponta o processo de decisão e julgamento dos pilotos como fator contribuinte para os acidentes. Como as decisões do piloto em comando são tomadas a partir de informações transmitidas pela tripulação, é destacado que a comunicação eficaz, dentre outros preceitos do CRM, é vital para a operação.

Baseado na premissa de que o treinamento em CRM tem fundamental importância para a segurança de voo, o GRPAe desenvolveu, em meados de 2007, um manual de CRM específico para suas operações aéreas. Nele são discutidos:

autoconsciência, comunicação, liderança, relacionamento interpessoal, processo decisório e os conceitos de erro humano e violação operacional, com a intenção de desenvolver as habilidades humanas, ou não-técnicas, para que, associadas aos recursos de tecnologia e ao treinamento técnico-operacional, atinja-se um nível de segurança adequado nas operações (GRPAe, 2014).

A estrutura das tripulações é um fator determinante para a segurança operacional e a interação entre seus membros deve estar fundamentada nos preceitos do CRM, para que se atinja um alto grau de sinergia e desempenho satisfatórios.

O fato da tripulação ser composta por militares e civis pode representar um risco real à segurança da operação, caso não haja uma padronização e treinamento adequados de toda a equipe. Tais riscos têm origem em diversos fatores. Um deles é a própria formação profissional de cada componente da equipe: médicos, enfermeiros e pilotos. Todas essas profissões têm, em maior ou menor grau, uma premissa de liderança inerente à posição que o profissional ocupa em seu local de trabalho. Médicos e enfermeiros, via de regra, são líderes de equipes multiprofissionais, quando em atendimento a pacientes. Pilotos têm a condição intrínseca de serem os líderes de uma equipe quando em comando de uma aeronave. Vê-se daí que o simples fato desses três profissionais estarem atuando juntos, em um ambiente de cabine, já pode ser o desencadeador de conflitos, principalmente relativos à autoridade, ou mais especificamente, ao momento em que cada um exerce sua autoridade. O treinamento em CRM, quando aborda os tópicos de liderança e relacionamento interpessoal, tem a chance de mitigar esses conflitos e os riscos que eles podem trazer.

Outra peculiaridade do GRPAe, e talvez das mais importantes nessa discussão, é a presença de civis e militares atuando em conjunto. A base da formação de um profissional militar são os conceitos de hierarquia e disciplina. Tais conceitos são explorados exaustivamente, desde o início de todos os cursos de formação, e acabam por ser inculcados dentro da mentalidade do militar, que passa a ver aquilo como algo natural, e até necessário para o bom desempenho profissional. Já na formação médica, apesar de existir o conceito de hierarquia entre professores e alunos, chefes e subordinados, e de ser necessário um mínimo de disciplina para que se atinjam níveis satisfatórios de desempenho profissional, não se exploram tão a fundo esses aspectos, sendo a maioria dos médicos formada como profissionais liberais, com visões diferentes dos militares acerca das relações profissionais. Esse fato, por si só, tem o potencial de gerar conflitos entre membros de uma equipe que possua militares e civis atuando em conjunto no mesmo ambiente, em uma operação crítica e de alto risco, na qual decisões complexas devem ser tomadas com precisão e rapidez em diversos momentos. Dessa forma, destaca-se que a interação entre tripulantes civis e militares no GRPAe pode ser classificada como um fator de risco para as operações de resgate aeromédico, possivelmente por uma relação inversa à descrita por Baron (2012), em que um tripulante oriundo de um ambiente militar tem dificuldades em se adaptar em um ambiente civil devido à flexibilização de posições de liderança, sendo ele proveniente de um ambiente de posições hierárquicas fortes e bem definidas.

O CRM tem papel fundamental na mitigação da ocorrência desses conflitos, quando aborda os conceitos de liderança, levando os profissionais a entenderem seus devidos papéis nos diferentes momentos da missão, bem como trabalhando técnicas de comunicação eficaz, no intuito de padronizar o fluxo de informações, que poderia ser prejudicado devido às diferentes formas de expressão inerentes a cada tipo e origem de profissional. Além disso, na abordagem dos processos de tomada de decisão, o CRM permite que esses diferentes profissionais, com diferentes formações e habilidades específicas, possam em conjunto se harmonizar e buscar alcançar o objetivo proposto, com grande chance de sucesso.

Um outro fator a ser levado em conta é o fato dos médicos não possuírem, em sua formação acadêmica, a cultura aeronáutica e de segurança de aviação. Para que consigam adquirir tais conhecimentos, dependem do que lhes é ensinado no próprio GRPAe, de seu aprendizado empírico e prático, que ocorre durante a rotina de serviço no Grupamento, e de interesse pessoal em conhecer e estudar um assunto que está além do que lhes é exigido no dia a dia da profissão médica tradicional. O CRM, quando aborda a questão da autoconsciência, pode ser um meio de desencadear o interesse desses médicos em aprofundar seus conhecimentos na área de aviação, bem como no desenvolvimento de outras habilidades não técnicas que estão além do exercício da medicina.

Analisando-se as respostas obtidas no questionário, o primeiro fato relevante que se pode notar é que nem todo o efetivo possui o treinamento em CRM, e que uma parte significativa está com esse treinamento desatualizado. Tal problema é mais acentuado em relação aos médicos civis, visto que há uma quantidade maior desses profissionais sem o treinamento.

Apesar de muitos não o terem realizado, o CRM é considerado muito importante para a segurança de voo pela grande maioria dos participantes da pesquisa (92%). Talvez pelo desconhecimento de seus conceitos, os únicos tripulantes que relataram não considerar o CRM importante foram médicos civis que não haviam realizado treinamento. Ainda nesse aspecto, constatou-se também que a grande maioria dos entrevistados (91%) considera que os preceitos do CRM são aplicados durante a rotina das missões, e que os indivíduos que relataram não considerar que esses preceitos são aplicados foram médicos sem o treinamento.

O treinamento de CRM no GRPAe é ministrado por uma equipe da Divisão de Segurança de Aviação da instituição, e tem lugar periodicamente, em torno de quatro a cinco vezes ao ano. As atividades são ministradas a grupos que giram em torno de vinte pessoas, e procura-se sempre incluir dois médicos civis em cada uma dessas turmas.

Não existe, ainda, no regulamento interno do GRPAe e nem no regulamento interno do GRAU, a obrigatoriedade de o médico civil possuir o treinamento em CRM para que possa exercer a atividade aérea. Sendo assim, depende-se exclusivamente de iniciativa e interesse pessoais para que esses médicos participem dos treinamentos.

A dificuldade de se conseguir uma maior abrangência de participação nos treinamentos CRM pode também ser justificada pelo efetivo reduzido da equipe que ministra esses cursos, e pelo fato de terem que se deslocar entre todas as onze bases do Grupamento para realizar essas atividades.

O problema da interação civil-militar foi abordado em diversas questões feitas aos participantes da pesquisa. Pôde-se constatar pelas respostas que a percepção dos tripulantes é que essa interação, na maioria das vezes, não constitui problema, visto que apenas 5% das respostas a consideraram como sendo prejudicial à operação, e que grande parte dos respondentes a considerou benéfica. Apesar da maioria ter considerado a presença do médico civil como benéfica para a equipe, 15% dos participantes relataram que esse fato dificulta a aplicação dos preceitos do CRM, sendo que metade dos que tiveram essa opinião foram os próprios médicos. Esse resultado pode mostrar que, de certa forma, os médicos civis podem não se sentir tão à vontade dentro de uma equipe predominantemente militar.

Outra questão abordada foi a possibilidade de deixarem de reportar uma situação anormal por não se sentirem à vontade para falar, tanto de militar para civil, quanto de civil para militar, bem como por medo de sofrerem repreensão. As respostas obtidas evidenciam que a grande maioria dos tripulantes não deixa de relatar situações anormais pelas diferentes posições profissionais, nem por receio de represálias. Mais uma vez, a parcela de respostas de conotação negativa (deixar de reportar situações anormais) foi na sua maior parte relatada por médicos civis e tripulantes sem o curso CRM. Vê-se daí a importância que esse treinamento possui, já que o fato de não se reportar uma situação anormal, que muitas vezes pode ter sido percebida apenas por aquele tripulante, pode levar a ocorrência de um acidente potencialmente evitável.

Em relação às dificuldades encontradas pelos tripulantes na aplicação dos conceitos do CRM, os problemas mais relatados pelos médicos foram o desconforto em situações em que consideravam que estivessem ocorrendo violações operacionais, seguidos pelos problemas relativos à dificuldade com aspectos de comunicação na cabine. O desconforto em relação à ocorrência de violações aponta para a possibilidade de desvios de conduta, uma vez que, conforme o Manual de CRM do GRPAe (GRPAe, 2014), a versatilidade da aeronave, que estende o limite do poder decisório em algumas situações, e o caráter de urgência das missões, que permite ultrapassar os limites estabelecidos nas regras normais, podem contribuir para ampliar a tendência dos tripulantes de expandir limites estabelecidos nos procedimentos operacionais padrão da corporação.

Já por parte dos pilotos, o que mais ocorreu foi a preocupação com a influência da fadiga em seu desempenho. A preocupação com a fadiga, demonstrada pelos tripulantes na pesquisa, pode ser considerada um ponto de atenção para o Grupamento, pois sinaliza que o desempenho de suas equipes pode estar sendo afetado por variáveis ligadas ao cansaço extremo.

A maioria dos participantes relatou não ter dificuldades em relação à aplicação dos conceitos de CRM em sua rotina operacional, sendo que aproximadamente a metade dos médicos civis que deram essa resposta não possuíam esse treinamento. A falta de conhecimento dos diversos aspectos do CRM pode gerar uma diminuição na consciência situacional desses médicos não treinados, levando a uma menor percepção de risco e falsa sensação de ausência de problemas.

Constatou-se pelas respostas que a grande maioria dos tripulantes (93%) não realizou treinamento LOFT, sendo que apenas alguns dos pilotos o realizaram. Apesar de o treinamento LOFT estar previsto na IAC 060-1002A da ANAC (2015), e de ter sua validade confirmada através de sua vasta empregabilidade nas linhas aéreas, ainda está em fase de implantação inicial no GRPAe, e poucos tiveram a oportunidade de realizá-lo.

Finalmente, em relação à análise dos RELPREV do GRPAe, pode-se constatar que o presente estudo tem justificativa, não só se baseando na premissa subjetiva de que uma configuração mista civil-militar, inédita em outros serviços ao redor do mundo, tem o potencial de oferecer um risco maior à uma atividade aérea que por si só já possui elevado risco operacional, mas também pela evidência de que, proporcionalmente, há mais situações de risco relatadas em missões de resgate aeromédico do que em qualquer outro tipo de missão exercida pelo Grupamento, e que dessas situações de risco, em uma grande parte houve o envolvimento do médico civil, bem como houve a influência de aspectos relativos ao CRM.

## 7 CONCLUSÕES

A configuração da tripulação das missões de resgate aeromédico no GRPAe tem a peculiaridade de colocar em conjunto tripulantes civis e militares em um mesmo ambiente de cabine, realizando uma mesma missão. Tal característica é única entre os diversos serviços de resgate aeromédico no mundo e pode gerar questionamentos quanto à segurança operacional.

O presente estudo propôs analisar a interação desses tripulantes e a influência exercida pela presença de um civil em meio a uma tripulação militar, utilizando para isso uma avaliação subjetiva da aplicação dos preceitos de CRM pelos tripulantes, através de um questionário.



Constatou-se inicialmente que há muitos tripulantes, tanto militares como civis, que ainda não possuem o treinamento em CRM, ou que estão com ele desatualizado. O preconizado pela ANAC na IAC 060-1002A (2015) é que se realize esse treinamento a cada dois anos, pois a periodicidade dessa atividade tem grande importância na fixação dos conhecimentos e técnicas neles discutidas, o que possibilita, em última instância, uma mudança e melhoria na cultura organizacional.

As respostas obtidas no questionário evidenciaram que os tripulantes em geral consideram que os preceitos do CRM são de muita importância, e que estes são aplicados corretamente nas missões de resgate aeromédico.

Pôde-se evidenciar também que a presença do médico civil não é percebida como sendo prejudicial à aplicação dos conceitos preconizados pelo CRM, o que pode ser interpretado também como uma percepção de que a presença do tripulante civil não afeta significativamente a segurança da operação.

Foram verificados problemas em relação a alguns aspectos abordados pelo CRM, tais como comunicação, fadiga, liderança, e percepção de violações. Tais problemas foram mais evidentes nos médicos civis que não realizaram o treinamento em CRM.

Por fim, foi constatado que a maioria dos tripulantes não possui o treinamento LOFT, fato importante e que deve ser abordado no planejamento das atividades futuras da Divisão de Segurança de voo do GRPAe.

## REFERÊNCIAS

- BARON, R. I. **The toxic captain**. 2012. Disponível em: <[http://www.tacgworldwide.com/asw\\_mar12\\_p3942.pdf](http://www.tacgworldwide.com/asw_mar12_p3942.pdf)>. Acesso em: 10 Set. 2016.
- BLEDSON, B. E.; SMITH, M. G. Medical helicopter accidents in the United States: a 10-year review. **Journal of Trauma**, v. 56, n.6, p. 1325-1329, Jun 2004.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Instrução de Aviação Civil (IAC) 060-1002A**: Treinamento em gerenciamento de equipes (Corporate Resource Management – CRM). Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao1/iac-e-is/iac/iac-060-1002a/@@displayfile/arquivo\\_norma/IAC060\\_1002A.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao1/iac-e-is/iac/iac-060-1002a/@@displayfile/arquivo_norma/IAC060_1002A.pdf)>. Acesso em: 24 Maio. 2016.
- Brasil, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 91**: Regras gerais para de operação para aeronaves civis. Brasília. Brasília, 2003. Disponível em <<http://www.pilotopolicial.com.br/Documentos/Legislacao/Portaria/rbha91.pdf>>. Acesso em: 9 Set. 2016.
- CARDOSO, R. G. **Resgate aeromédico a traumatizados na região metropolitana de Campinas-SP**. 2014. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Campinas.
- ESTADOS UNIDOS. **Code of Federal Regulations, Title 14 - Aeronautics and Space, Part 135** (135.601): Subpart L - helicopter air ambulance equipment, operations, and training requirements. Washington. 2014. Disponível em: <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textid?SID=ef8b1945812fc488688c4aed813921f5&mc=true&node=pt14.3.135&rgn=div5#sp14.3.135.l>>. Acesso em: 13 Set. 2016.
- EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA). **CR 965/2012**: laying down technical requirements and administrative procedures related to air operations pursuant to regulation (EC) No 216/2008 of the European parliament and of the council. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:29:6:0001:0148:EN:PD>> Acesso em 15 Set. 2016.
- FREIXO, J. A. A. **Resgate aeromédico noturno**: estudo de viabilidade e proposta de requisitos operacionais. 2013. 166f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública). Centro de Altos Estudos de Segurança, Polícia Militar do Estado de São Paulo, São Paulo.
- GRUPAMENTO DE RADIOPATROLHA AÉREA. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Segurança Pública. **Manual CRM Grupamento de Radiopatrulha Aérea da Polícia Militar do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2014.
- HINKELBEIN, J. et al. A six-year analysis of German emergency medical services helicopter crashes. **Journal of Trauma**, v. 64, n. 1, p. 204-210. 2008.
- HINKELBEIN, J.; SCHWALBE, M.; GENZWUERKER, H. V. Helicopter emergency medical services accident rates in different international air rescue systems. **Open Access Emergency Medicine**, v. 2, p. 45-49. 2010.
- KESSLER, C. Helicopter emergency medical service: motivation for focused research. **CEAS Aeronautical Journal**, v. 6, n. 3, p. 337-394. 2015.
- SILVA, C. R. L. Influência da cultura organizacional policial em acidentes aeronáuticos na aviação brasileira de segurança pública e de defesa civil. 2011. 215f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e Aeronáutica). Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos....

---

# Segurança Operacional na Aviação de Estado: Premissas e Paradigmas

Luiz Sergio Alves Pinto<sup>1</sup>, Rodrigo de Abreu Freitas<sup>2</sup>

1 Capitão da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ), Especialista em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), piloto com mais de quinhentas horas de voo em asas rotativas, Oficial de Segurança de Voo e Gestor de Segurança Operacional no Grupamento Aeromóvel da PMERJ (GAM).

2 Major da PMERJ, Técnico em Eletrônica e Telecomunicações pelo Instituto Federal Fluminense (IFF-RJ), Mestrando em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA, possui experiência de mais de mil horas de voo em aeronaves de asas rotativas, é Assessor especial de projetos e aquisições no GAM.

---

**RESUMO:** Nesta pesquisa, discorreremos sobre as características próprias da atividade aérea de Segurança Pública e Defesa Civil, contextualizando sua natureza e premissas, suas peculiaridades e principais riscos. Vamos identificar as estatísticas relativas às ocorrências aeronáuticas de maior potencial lesivo e apresentar alguns paradigmas enfrentados por estes tipos de operadores. A seguir, apresentaremos os conceitos de gerenciamento da Segurança Operacional voltados para este ramo específico da aviação, considerando as teorias mais contemporâneas, consolidadas em grandes empresas da indústria aeronáutica e cujas concepções envolvem sistemas multidisciplinares. Por fim, apresentaremos o dilema gerencial e faremos considerações sobre o *trade-off* encontrado, ilustrando os níveis de segurança que se deseja atingir atrelados a gestão das operações aéreas nestes órgãos de indubitável relevância e incrível versatilidade operacional no contexto da Aviação de Estado.

**Palavras Chave:** Segurança Pública e Defesa Civil. Ocorrências Aeronáuticas. Segurança Operacional. Níveis de Segurança.

## Operational Safety in State Aviation: Assumptions and Paradigms

**ABSTRACT:** In this research, we discuss the specific characteristics of the aerial activity of Public Security and Civil Defense, contextualizing its nature and premises, its peculiarities and main risks. We identify the statistics related to aeronautical occurrences with the highest harmful potential and present some paradigms faced by these types of operators. Next, we present the concepts of safety management for this specific branch of aviation, considering the most contemporary theories, consolidated in large companies of the aviation industry and whose conceptions involve multidisciplinary systems. Finally, we present the managerial dilemma and consider the trade-off found, illustrating the levels of safety that are to be achieved linked to the management of air operations in these organizations of undoubted relevance and incredible operational versatility in the context of State Aviation.

**Key words:** Public Security and Civil Defense. Aeronautical Occurrences. Safety. Levels of Safety.

**Citação:** Pinto, LSA, Freitas, RA. (2017) Segurança Operacional na Aviação de Estado: Premissas e Paradigmas. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 21-25.

## 1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de demandas crescentes dos órgãos de segurança pública no Brasil, as aeronaves de asas-rotativas cumprem papel fundamental e cada vez mais indispensável no apoio ao policiamento ordinário; ações de resgate, defesa civil e operações especiais. Contudo, o meio aéreo requer atenção diferenciada, por sua natureza e estruturação, pautada por princípios estabelecidos por autoridades internacionais para resguardar a segurança da tripulação em voo. Desta forma é fundamental compreender todo o contexto em que a aviação de segurança pública está inserida, o qual por vezes se assemelha a uma guerra, onde o meio aéreo opera de forma a subsidiar irrestrito apoio ao policiamento em solo, sendo necessário aprofundar o estudo sobre o gerenciamento das ações realizadas com elevado potencial de risco. Buscando, portanto, contextualizar os riscos diários da atividade aérea da aviação de Estado e destacar algumas medidas fundamentais para o seu gerenciamento seguro e eficaz.

A Segurança da Aviação tem evoluído de forma extraordinária, visando garantir a aeronavegabilidade continuada e manter as atividades aéreas dentro de níveis aceitáveis de desempenho. Cada segmento da aviação tem suas peculiaridades e na atividade aérea de Segurança Pública e Defesa Civil realizada pelos Estados brasileiros existem particularidades que divergem completamente dos demais setores da aviação civil.

## 2 CONTEXTO OPERACIONAL

As autoridades aeronáuticas brasileiras mantêm suas atividades constantes como a atualização de regulamentos e a fiscalização da atividade aérea cujas ferramentas de gerenciamento estão cada vez mais consolidadas, ampliando a prevenção de acidentes e permitindo um monitoramento das operações aéreas cada vez mais sólido e eficaz.

A atividade aérea de segurança pública, realizada diuturnamente pelos órgãos da Aviação de Estado é repleta de desafios e riscos, como o sobrevoo a baixa altura, uma concessão na norma, específica para atender às características próprias do voo policial. Exatamente essas características de conveniência e finalidade do voo policial que pretendemos destacar.

As operações aéreas de segurança pública, devido ao seu tipo e a sua natureza, ocorrem em condições extremas de operação. Nos cenários que ocorrem as operações aéreas de Segurança existe a presença de ameaças. Nesse contexto, são consideradas ameaças as fontes de perigo capazes de infligir danos severos na aeronave, bem como lesões incapacitantes aos seus ocupantes. (LIMA, 2012).

Como profissionais da aviação e, sobretudo, agentes da Lei, conhecemos profundamente a legislação aeronáutica e todas as suas possibilidades. Como servidores públicos militares estaduais encarregados de fazer cumprir a Lei, em detrimento das necessidades operativas, em algumas ocasiões, como parte da missão de polícia e bombeiro, precisamos estar em locais onde ninguém gostaria de estar, isto é, sobrevoar locais críticos, onde se faz necessária a intervenção do Estado, representado ali pelos seus órgãos de segurança pública. Desta forma, sob a égide das prerrogativas dispostas na legislação é permitido aos operadores policiais: Pousar em locais não homologados e não preparados, mesmo com risco de colisão com obstáculos; realizar sobrevoos abaixo dos parâmetros mínimos das operações aéreas, dentre outras; potencializando o risco assumido e por isso, necessitando de um gerenciamento da segurança mais profundo e consistente.

Assim definidas pelo legislador: 91.953 (b) As operações aéreas de segurança pública e/ou de defesa civil compreendem as atividades típicas de polícia administrativa, judiciária, de bombeiros e de defesa civil, tais como: policiamento ostensivo e investigativo; ações de inteligência; apoio ao cumprimento de mandado judicial; controle de tumultos, distúrbios e motins; escoltas e transporte de dignitários, presos, valores, cargas; aeromédico, transportes de enfermos e órgãos humanos e resgate; busca, salvamento terrestre e aquático; controle de tráfego rodoviário, ferroviário e urbano; prevenção e combate a incêndios; patrulhamento urbano, rural, ambiental, litorâneo e de fronteiras; e outras operações autorizadas pelo DAC. (RBHA 91, Subparte k, BRASIL, 2003, p. 68).

“Um piloto de helicóptero da aviação de segurança pública poderá durante uma operação de missão emergencial, em média a cada quatro minutos de voo, fazer, inopinada e simultaneamente no mínimo, quarenta tomadas de decisão com ações de manobras de voo e gerenciamento dos sistemas da aeronave, desde o acionamento até o término da missão... tendo a tripulação que garantir a segurança de voo combinado com o alcance de êxito da missão” (PINTO, 2011).

### 3 ESTATÍSTICAS DAS OPERAÇÕES AÉREAS DA AVIAÇÃO DE ESTADO

Definição contemporânea da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a Aviação de Estado engloba organizações aéreas de Segurança Pública, Bombeiro, Defesa Civil e DETRAN. Estas organizações desempenham um papel de extrema relevância dentro da atividade aérea, ainda abrangidos pelo Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA-91) em sua subparte k, sendo responsáveis por cerca de 2% das ocorrências aeronáuticas anualmente no território brasileiro, conforme dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), conforme tabela abaixo.



**Figura 1** - Gráfico de ocorrências aeronáuticas nos últimos dez anos.

### 4 PARADIGMAS ENFRENTADOS

Especialmente nas organizações aéreas pertencentes às Polícias Militares e Corpos de Bombeiros dos estados brasileiros e inclusive nas organizações estaduais que desenvolvem as duas missões, de Polícia e Bombeiro, toda a formação de recursos humanos é pautada por premissas incorporadas das Forças Armadas, com forte natureza militar. Na filosofia militar, construída através dos tempos para a guerra, com foco no atingimento de metas e objetivos claramente definidos o militar busca sempre alcançar o sucesso da missão.

“A atual cultura organizacional policial, desenvolvida a partir da formação dos Oficiais da Polícia Militar nas diversas academias militares estaduais, apresenta traços incompatíveis com uma atividade aérea que priorize a segurança operacional” (SILVA, 2012). A filosofia de Safety, que tem amadurecido desde os primórdios das invenções de Santos Dumont até os dias

atuais, dissemina uma cultura que prioriza a Segurança da Aviação em detrimento da missão havendo, portanto, uma clara dicotomia motivacional que representa o primeiro óbice no contexto apresentado, contribuindo sobremaneira para o cenário atual: "A cultura organizacional vigente nas organizações influencia a ocorrência de acidentes aeronáuticos com as aeronaves operadas pelas unidades aéreas de Segurança Pública e Defesa Civil brasileiras" (SILVA, 2012).

Como consequências adversas e inesperadas, citamos que: "A sobrevivência de helicópteros na aviação de segurança pública do Brasil tornou-se uma evidente quebra de paradigma após o pouso sem potência do helicóptero do Grupamento Aéreo Marítimo-GAM da Polícia Militar do Rio de Janeiro-PMERJ. Aquele helicóptero foi alvejado possivelmente por projéteis disparados por meliantes posicionados no solo, postados num ambiente hostil e área condensada. Após esse fato marcante a aviação de segurança pública vem sofrendo uma mudança, oportunizando uma proposta de eleição de um design de helicóptero que verdadeiramente atenda ao requerimento operacional de sobrevivência do equipamento e consequente das tripulações" (PINTO, 2011).

## 5 GERENCIAMENTO DA SEGURANÇA OPERACIONAL

"A gestão da segurança de voo poderá estar diretamente ligada a gestão de sobrevivência do equipamento, pois todos os focos de gestão recaem primariamente na prevenção" (PINTO, 2011). Desta forma, depreendemos daí que a atividade de gerenciamento da segurança operacional de voo envolve uma gama de atividades fundamentalmente ligadas ao planejamento e monitoramento, se possível em tempo real, das condições de operação.

A implementação da doutrina de segurança de voo suporta-se no conceito de criar ferramentas com a aplicação do gerenciamento de riscos e serão desenvolvidas com base em doze fatores de nível tático (operadores) e seis fatores em nível estratégico (gestão institucional). (PINTO, 2011).

Contudo, os conceitos de segurança operacional de nada servem, se partindo do topo da organização em direção aos níveis de execução, não forem compreendidos. Quando realizamos um sobrevoo arriscando a segurança da tripulação sem necessidade, apenas por crer que a missão policial já é naturalmente arriscada e nada pode ser feito para mudar esse paradigma, transmitimos uma mensagem clara de que a organização nem sempre está alinhada à sua própria filosofia de segurança, ou seja, que ocasionalmente podemos expor a tripulação a risco no cumprimento da missão. O problema é que cada pessoa tem seus próprios conceitos sobre riscos e limites e esse ruído na comunicação cria uma lacuna perigosa para a atividade aérea. A gestão da segurança depende da comunhão de fatores atrelados que podem, ou não, contribuir para a manutenção dos níveis aceitáveis de desempenho em segurança operacional, e dentre esses fatores, talvez o primordial seja a mensagem implícita transmitida diariamente diante das nossas atividades.

## 6 SISTEMA INDUSTRIAL ULTRASEGURO

A indústria aeronáutica assim como outros ramos da economia mundial incorporou doutrinas e *benchmarkings*, oriundos de teorias consagradas na administração. Valendo-se destas ferramentas incorporadas ao gerenciamento da atividade aeronáutica, a partir da segunda metade da década de noventa, a indústria experimentou uma redução considerável no número de acidentes de trabalho, consolidando o período como sistema industrial ultras-seguro. Através do enfoque no gerenciamento da segurança, pautado por princípios da administração de empresas e da coleta rotineira de dados, atingiu-se a marca de menos de um evento catastrófico por milhão de ciclos de produção.



Figura 2 - Número de acidentes por milhão de ciclos de produção.

## 7 RISCO ASSUMIDO

Quando um piloto profissional de fórmula 1 compete esportivamente, extraindo de seu equipamento o máximo possível de rendimento, ele tem um objetivo claro e definido, ganhar a corrida. Nesse processo há também um risco envolvido, o de sofrer um acidente e se lesionar severamente, até mesmo com risco da própria vida. Esse profissional assume o risco, porém, esse risco está repleto de itens mitigadores, como: regulamento para ultrapassagens; equipamentos de proteção de última geração; monitoramento em tempo real dos principais sistemas do veículo; suporte médico com atendimento no local. Ou seja, no final das contas, computando todo o histórico de acidentes e traçando um comparativo com as ferramentas tecnológicas utilizadas na competição, ele avalia que pode assumir com segurança a responsabilidade/risco de competir em um veículo a velocidades extremas. Da mesma forma, qualquer passageiro de transporte aéreo regular sabe que, por diversos fatores, as aeronaves podem se acidentar, mas embarca para sua viagem de férias sem pestanejar. Tal fato se deve ao ínfimo número de acidentes deste setor da aviação em comparação com o número de viagens realizadas. No caso das operações aéreas de segurança pública, cabe ao gestor mensurar o risco assumido para a consecução de uma missão. Em alguns casos, chegaremos a conclusão que o risco associado à missão extrapola nossa capacidade operacional ou até mesmo diverge da finalidade do voo policial, portanto, um risco que não devemos admitir.

## 8 ACIDENTE SISTÊMICO

A finalidade da Segurança Operacional é estimular o desenvolvimento e a manutenção das operações aéreas com segurança e, para isso, utilizamos as ferramentas disponíveis para o seu gerenciamento. Quando gerenciamos os riscos durante o planejamento de uma missão, contamos com as barreiras clássicas para evitar uma ocorrência aeronáutica, assim definidas por Hollnagel (2004) como: "Equipamentos, construções, ou regras que são colocadas para interromper o desenvolvimento de um acidente." Correlacionando ao contexto aeronáutico identificamos essas barreiras como: Tecnologia, Treinamento e Regulamentos aeronáuticos. Quando se fala no aspecto de desenvolvimento, é importante destacar que nos referimos a um processo contínuo e progressivo que se encontra em curso e, para tanto, precisamos considerar todos os possíveis fatores contribuintes. Observando o modelo de acidente sistêmico, compreendemos que uma ocorrência aeronáutica pode emergir de qualquer um dos diversos processos rotineiros em curso na organização de segurança pública, cujas barreiras tenham sido negligenciadas. Em uma análise superficial, uma organização aérea que cumpre os regulamentos; realiza seus treinamentos periódicos e utiliza modernos equipamentos aeronáuticos, que por si só, já são repletos de tecnologia embarcada, a princípio está atendendo todos os requisitos previstos conhecidos da doutrina de *Safety*. Contudo, em uma análise mais profunda, dada a natureza da missão e as condições de risco do contexto operacional do voo policial, o simples cumprimento de regulamentos, treinamentos e uso de tecnologia, apesar de atender aos requisitos formais, não é o bastante, cabendo compreender que, com um número cada vez maior de processos internos em curso, fruto do incremento e complexidades das missões, teremos ampliadas as possibilidades de eventos não desejados.

## 9 NÍVEIS DE SEGURANÇA

Tal como a teoria de hierarquia das necessidades de Maslow, onde na base da pirâmide encontram-se as prioridades básicas do ser humano, na aviação, a segurança pode também ser escalonada em níveis de prioridades, começando pela base, onde devem ser atendidos requisitos mínimos para seu desenvolvimento seguro, como: cumprimento dos regulamentos; equipamentos adequados para as missões propostas; Equipamentos de Proteção Individual em quantidade suficiente e espaço físico de hangar adequado a demanda operacional. Satisfeito esse patamar de necessidades, temos os requisitos intermediários como qualificação para a missão, onde se faz necessário que as tripulações estejam preparadas para executar aquele tipo de missão, já tendo realizado treinamentos específicos e possuindo larga experiência decorrente de outras missões em cenários semelhantes. E por último, no nível mais elevado dessa escala, avaliar se o risco assumido está dentro do escopo de atuação da unidade, cabendo ao gestor organizacional avaliar se a missão porventura não excede ou diverge da finalidade precípua da atividade aérea de Segurança Pública, cabendo mensurar se o risco a ser assumido para o cumprimento da tarefa realmente justifica o custo que será pago no caso de um insucesso, ou mesmo de um evento não desejado. Conforme apresentado:

De nada adianta a aviação de segurança pública do Brasil, através dos fabricantes, eleger um projeto de helicóptero ideal, aplicando uma solução de compromisso, prevenindo todos os aspectos de suscetibilidade e vulnerabilidade de sobrevivência (sobrevivência) de helicópteros; como também não adianta empregar as aeronaves em ambientes hostis com blindagem da estrutura e das pás do rotor principal contra projéteis... se não existir a aplicação de uma sólida doutrina de emprego de segurança de voo na Aviação de Segurança Pública do Brasil. (PINTO, 2011).



Figura 3 - Pirâmide de Maslow.

## 10 CONCLUSÃO

Sabemos que a atividade de gerenciamento da segurança operacional é um trabalho silencioso e constante que exige paciência e esmero, onde dificilmente conseguimos apontar qual medida implementada foi determinante para evitar uma ocorrência aeronáutica, porém, quando um evento indesejado acontece, é certo que nosso sistema de gerenciamento tem falhas, ou até mesmo uma grande janela de oportunidades para a ocorrência de um acidente aeronáutico. Nesse aspecto, citamos as palavras do General George Smith Patton, Comandante do terceiro exército americano na segunda guerra mundial - “Um bom plano implementado hoje é melhor do que um plano perfeito implementado amanhã”, em suma, um plano razoável e exequível, implementado em tempo hábil poderá salvar vidas, sendo mais eficaz que um plano perfeito que talvez nunca seja implementado. Em consonância com a filosofia de Safety, onde se busca uma maior efetividade no gerenciamento constante e rotineiro dos perigos encontrados na atividade aérea, conforme disseminado pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO) através do Anexo 19. O próximo acidente aéreo em nossa organização já está em curso, cabendo apenas protelá-lo o máximo possível em busca da utopia do acidente zero. Tal assertiva deve ser assumida como a busca contínua pela segurança em nossas operações aéreas, impedindo que nossa janela de oportunidades permaneça aberta e a instituição vulnerável ao acidente aeronáutico.

## 11 AGRADECIMENTOS

Com a conclusão deste trabalho, os autores agradecem em primeiro lugar a Deus, por nos conduzir por toda vida e carreira, perseverantes e incansáveis; aos nossos familiares que nos dão todo o suporte e afeto necessário para enfrentar a labuta diária; aos nossos valorosos colegas de trabalho e destemidos pilotos do Grupamento Aeromóvel por compreenderem essa empreitada, que busca viabilizar melhores condições das nossas atividades desenvolvidas; aos autores referenciados nesta pesquisa, por sua coragem e pioneirismo no campo acadêmico voltado a Aviação de Estado e em especial ao Prof. Dr. Donizete de Andrade, coordenador dos cursos de pós-graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica pelos ensinamentos e pelo mérito em nos despertar o interesse em contribuir com a atividade aérea de Segurança Pública e Defesa Civil, ampliando assim a fronteira do conhecimento acadêmico nesta tão gratificante lida.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 58-1: Panorama estatístico da aviação civil brasileira**. Brasília, 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. “**Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 91**, Subparte K.”, 2003. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo\\_norma/rbha091.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo_norma/rbha091.pdf)> Acesso em 10 de maio de 2017.
- HOLLNAGEL, E. **Barriers and Accident Prevention**. Reino Unido, Aldershot: Ashgate. 2004.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Annex 19: Safety Management**. 3ª ed. Montreal: Canadá, 2011. ISBN 978-92-9249-232-8. Disponível em: <<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Pages/Annex-19,-1st-Edition---Executive-summary.aspx>> Acesso em 24 de outubro de 2016.
- LIMA, H. C. S. A filosofia de survivability de aeronaves na aviação de segurança pública brasileira: uma proposta. **Revista Conexão SIPAER**, v 3, p. 1-37. 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/146>>. Acesso em: jun. 2017.
- PINTO, M. K. A sobrevivência de helicópteros como um dos fatores preponderantes na aviação de segurança pública do Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v 2, n 3, p. 171-189. 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/download/109/136>>. Acesso em: jun. 2017.
- SILVA, C. R. L. Influência da cultura organizacional policial em acidentes aeronáuticos na aviação brasileira de segurança pública e de defesa civil. **Revista Conexão SIPAER**, v 3, n 3, p. 35-37. 2012. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/180>>. Acesso em: jun. 2017

---

# **DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação**

Francisco Wilson Falcão Júnior<sup>1</sup>

1 Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Fortaleza. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil. Especialização em Construções Sustentáveis. LEED Green Associate pelo USGBC - United States Green Building Council. Consultor e Instrutor de Sustentabilidade para o SEBRAE. Professor de Gestão de Obras e Qualidade na Construção Civil. Mestrando pelo ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Gerente de Edificações da Construção da Linha Leste do Metrô de Fortaleza.

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é explorar as ameaças à segurança aeronáutica provenientes de impactos de aeronaves com drones civis de pequeno porte. Busca-se identificar as principais ameaças através de uma comparação com os danos causados por aves e apresentam-se os principais drones que podem causar danos elevados, realizando um estudo com relação a indicadores de desempenho dos equipamentos e suas especificações técnicas, sendo que, para os objetivos deste estudo, nos limitaremos a drones que possuem características específicas de tamanho e alcance de voo. Estudam-se então as medidas mitigadoras em ação no momento e sua eficácia, buscando apresentar as últimas informações sobre as resoluções da ANAC e sobre os equipamentos em venda para atenuar estas ameaças.

**Palavras Chave:** Drone. Dano. Indicador de Desempenho. Especificações Técnicas. Medidas Mitigadoras. Resoluções da ANAC.

## **The Threat of Remotely Manned Aircraft to Aeronautical Safety and Possible Mitigation Measures**

**ABSTRACT:** The objective of this work is to explore the aviation safety threats from aircraft impacts with small civilian drones. The paper aims to identify the main threats through a comparison with the damages caused by birds, and presents the main drones that can cause high damage, conducting a study with respect to indicators of equipment performance and their technical specifications. In line with the objectives of this study, only drones that have specific characteristics of size and reach of flight are considered. The mitigating measures in action at the time and their effectiveness are then studied, seeking to present the latest information on ANAC resolutions and equipment on sale to mitigate these threats.

**Key words:** Drone. Damage. Performance Indicator. Technical Specifications. Mitigating Measures. ANAC Resolutions.

**Citação:** Júnior, FWF. (2017) *DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação*. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 26-32.

### **1 INTRODUÇÃO**

Em 17 de abril de 2016, o piloto do voo BA729 da British Airways com 137 passageiros, relatou que um objeto, que ele acredita que tenha sido um drone, atingiu a frente do Airbus A320. A investigação da polícia aeronáutica não obteve resultados. Um porta-voz da British Airways disse: "A nossa aeronave pousou com segurança, foi completamente examinada por nossos engenheiros e autorizada a operar seu próximo voo". Segundo autoridades do setor no Reino Unido, o impacto entre um drone e uma aeronave não é mais uma questão de probabilidade de ocorrência, mas quando irá ocorrer. (GETTINGER, 2015).

A quantidade crescente de drones civis dos mais diversos tipos, modelos, autonomia e alcance tem sido um desafio à segurança aeronáutica em várias partes do mundo, pois são difíceis de serem detectados. Além disso, embora a legislação equipare alguns modelos de drones a aeromodelos, eles diferem nos aspectos de pilotagem, pois os aeromodelos são mais caros, mais difíceis de pilotar e precisam de uma pequena estrutura, isso geralmente indica uma necessidade do usuário em entrar em uma associação ou clube. As associações ou clubes são importante para promover um processo de educação e de atendimento às regras. Em comparação, os drones possuem componentes de baixo custo, giroscópios, sistemas de pilotos automáticos e uso de GPS que facilitam o aprendizado, sendo basicamente imediata a operação deste tipo de equipamento e podendo ser utilizado por pessoas muito jovens em qualquer lugar e terreno. Associado a isso, temos a evolução rápida dos equipamentos aumentando o alcance dos rádios de controle remoto (inclusive com o uso de amplificadores de sinal), autonomia de bateria e altitudes de voo, de forma que as autoridades aeronáuticas, passaram a se preocupar com o uso destes equipamentos buscando maneiras de controlar seu uso.

Delimitamos o estudo do problema aos drones civis de pequeno porte que podem ser adquiridos em qualquer loja de eletrônicos, não levando em consideração o seu uso, pois os mesmo podem ser adquiridos como recreação, mas sua utilização alterada após a aquisição. Em seguida apresentam-se os possíveis danos se houver uma colisão com a turbina de uma aeronave,

traçando-se um paralelo com os danos provenientes de aves. Apresentam-se as medidas de mitigação implantadas ou em proposta até o momento e sua eficácia. Por fim se propõe linhas de pesquisa para novas medidas de mitigação.

Sobre o termo drone utilizado neste artigo, segundo AERONÁUTICA, 2017:

No Brasil, as Aeronaves Não Tripuladas ainda são amplamente conhecidas com Drones (do inglês Zangão, termo muito utilizado pelos órgãos de imprensa), Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), nomenclatura oriunda do termo *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) é considerado obsoleto na comunidade aeronáutica internacional, ou Aeronave Remotamente Pilotada (ARP).

O termo adotado tecnicamente pela OACI (Organização Internacional de Aviação Civil), com abrangência internacional, para este tipo de aeronave é o RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*).

Já segundo ANAC, 2017:

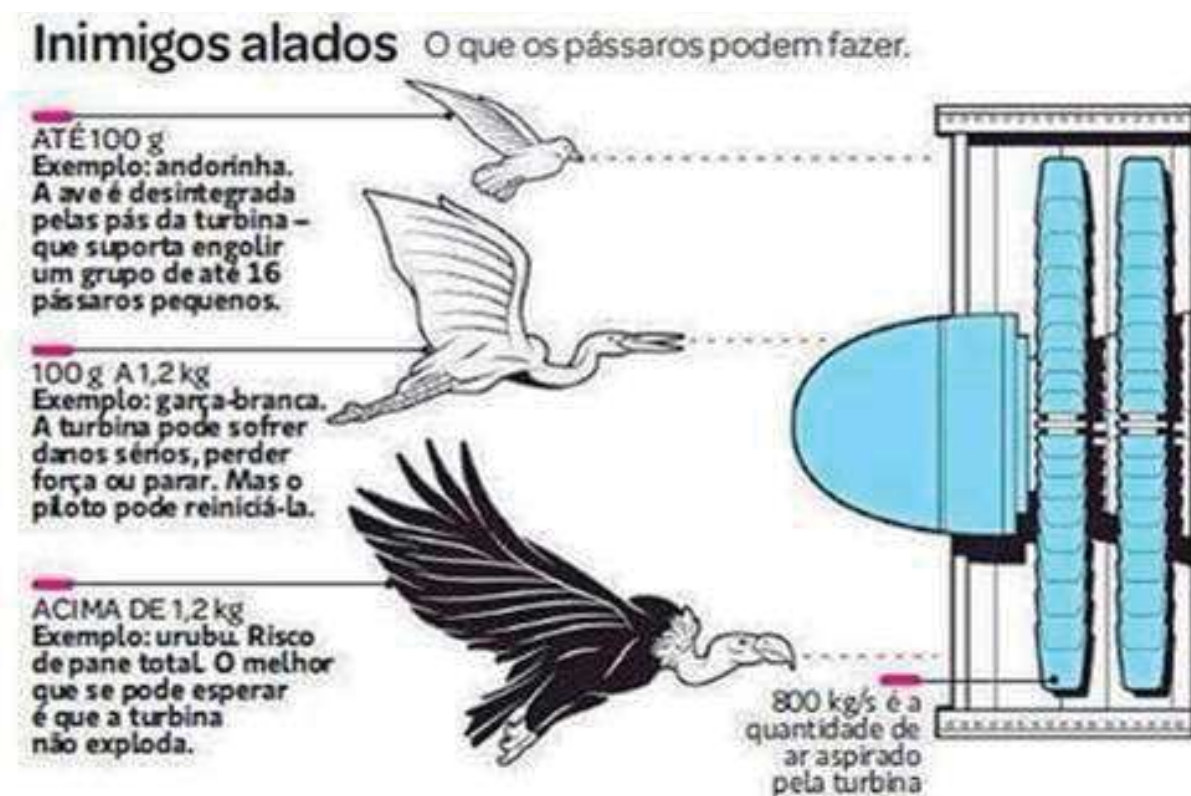
Para os propósitos deste Regulamento Especial são válidas as definições abaixo:

- (1) aeromodelo significa toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação;
- (2) Aeronave Remotamente Pilotada (Remotely-Piloted Aircraft – RPA) significa a aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação;

Apesar do exposto, os órgãos controladores e as autoridades aeronáuticas utilizam o termo drone, em suas páginas de informações e cadastros na internet (ANATEL, 2017, DECEA, 2017 e ANAC (2), 2017). No intuito de deixar clara a informação de que tratamos de equipamentos recreativos, que podem ser adquiridos em lojas de departamento sem nenhuma autorização prévia para aquisição, utiliza-se o termo drone para identificar as aeronaves que são objeto de estudo deste artigo.

## 2 DRONES QUE PODEM CAUSAR DANO ÀS AERONAVES

Para identificar o universo dos drones que fazem parte deste trabalho, foi traçado um comparativo com trabalhos anteriores que abordam os danos que pássaros podem causar. Chegou-se a imagem sobre os danos contida na Figura 1:



**Figura 1** – Danos que pássaros podem causar conforme seu peso (Fonte: <http://www.norteverdadeiro.com/wp-content/uploads/2017/04/3.jpg>).

Ao mesmo tempo, buscou-se indicadores para os drones que apresentam peso similar às aves representadas na Figura 1. Chegou-se então à Figura 2, constando uma tabela com os drones, seus pesos, alcances dos rádios de controle, altitude máxima de voo e autonomia da bateria e velocidade máxima de ascensão. Os três últimos indicadores foram tomados para identificar que altitude o drone em voo vertical com direção para cima pode atingir, no intuito de identificar o potencial risco do equipamento.



A coluna de máxima altitude foi introduzida tomando-se o menor valor entre autonomia de bateria multiplicado pela velocidade máxima, altitude máxima de voo e alcance do rádio, levando-se em conta que o aeródromo padrão está ao nível do mar.

EQUIPAMENTO	PESO (kg)	ALCANCE RÁDIO (m)	ALTITUDE MÁXIMA DE VOO (m)	AUTONOMIA DE BATERIA (min)	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)	AUTONOMIA X VELOCIDADE MÁXIMA	MÁXIMA ALTITUDE (m)
Candide H-Drone S-9 H-18	0,67	5	100	20	6	7.200	5
Cheerson CX-20	0,98	300	300	15	6	5.400	300
Phanton-3 DJI	1,28	2.000	6.000	23	5	6.900	2.000 *
Yuneec Q500 4K	1,70	3.000	2.500	25	2	3.000	2.500 *
Phanton-4 DJI	1,38	5.000	6.000	28	6	10.080	5.000 *

\* Os fabricantes afirmam ter limitadores de alcance via software (400 pés)

**Figura 2:** Tabela de drones vendidos no mercado brasileiro (Fonte: preparado pelo autor com dados dos fabricantes).

Para os objetivos deste estudo, nos limitaremos aos drones que possuem características idênticas aos três últimos equipamentos da Figura 2, mas precisamos levar em consideração que existem no mercado amplificadores de sinal de controles remotos, assim a máxima altitude de voo pode ser ampliada. Este dado é importante pois o principal risco é o de um operador alçar voo com um equipamento deste tipo no limite do aeroporto em frente à cabeceira da pista e tentar chegar próximo a uma aeronave por qualquer motivo.

Como se pode observar os equipamentos em questão possuem um peso equivalente ao peso das aves que podem causar sérios danos às turbinas de aeronaves.

Em ANAC, 2017 os drones são classificados conforme o seu peso máximo de decolagem:

O RPAS e a RPA são classificados de acordo com o peso máximo de decolagem (PMD) da seguinte maneira:

- (1) Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- (2) Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e
- (3) Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

Assim, os equipamentos em estudo pertencem à Classe 3.

### 3 SOBRE OS SISTEMAS DE PROTEÇÃO EXISTENTES E SUA EFICÁCIA

Ao se identificar os equipamentos que podem gerar risco às aeronaves, buscou-se informações sobre os sistemas de proteção passiva existentes e nativos nos mesmos. Vale observar que os drones do estudo são equipamentos de valor relativamente alto, em torno de R\$ 8.000,00 e geralmente são adquiridos por interessados em captar imagens em alta resolução, seja com o intuito de filmagens profissionais ou não, por este motivo, alguns auxílios à pilotagem são implementados, como veremos adiante.

#### 3.1 Registro de equipamentos, rádios controladores, licenças para pilotos

Para esta opção de proteção, contamos com as resoluções da ANAC e determinações da ANATEL no sentido de se ter um cadastramento dos equipamentos e dos responsáveis pela operação destes. Então como vantagem podemos citar: matrícula do equipamento, identificação do proprietário e treinamento do operador para obtenção de licença. O treinamento do operador para obtenção de registro pode ser admitido como medida de redução de risco, entretanto a venda destes equipamentos ocorre sem a obrigatoriedade de registro, assim, não importando qual seja o objetivo do comprador, ele pode decidir não proceder com o registro nos órgãos competentes.

Portanto, a desvantagem deste sistema é o de não ser possível uma fiscalização permanente das autoridades aeronáuticas sobre a venda destes equipamentos e seus registros.

#### 3.2 Limites ao voo implementados nos softwares dos equipamentos

Os equipamentos possuem auxílios de pilotagem com informações adquiridas por GPS (Global Positioning System), nestes sistemas podem ser inseridos dados de limitações de área, criando setores denominados no-fly zones (DJI, 2017), com o cadastro de aeroportos em diversos locais no mundo, buscando-se evitar que o operador adentre uma área de proteção ao voo, como exemplificado na Figura 3, que as distâncias e alturas que o sistema do drone evita voar ao estar próximo de uma área de proteção ao voo cadastrada, na Figura 4 temos a exemplificação de áreas cadastradas no software do equipamento. Esta medida reduz as ameaças oriundas de quando o operador não tem a intenção de entrar em espaço aéreo controlado, mas tenta fazê-lo. Geralmente o equipamento não obedece ao operador e, em casos de insistência, ele pousa em modo automático e só volta a decolar ao sair da área determinada.

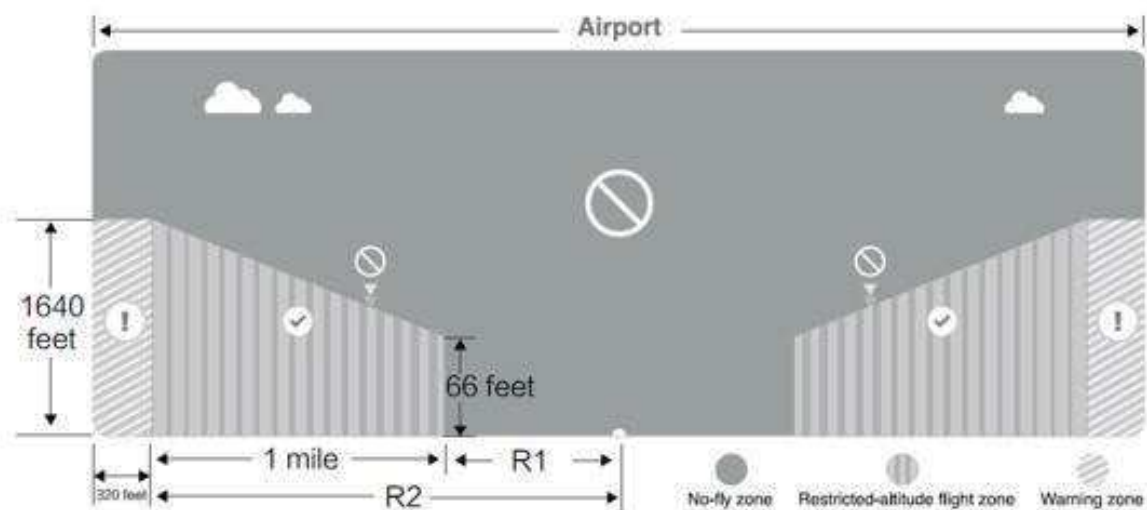


Figura 3: Exemplo de área de proteção ao voo em espaço controlado (Fonte: DJI, 2017).

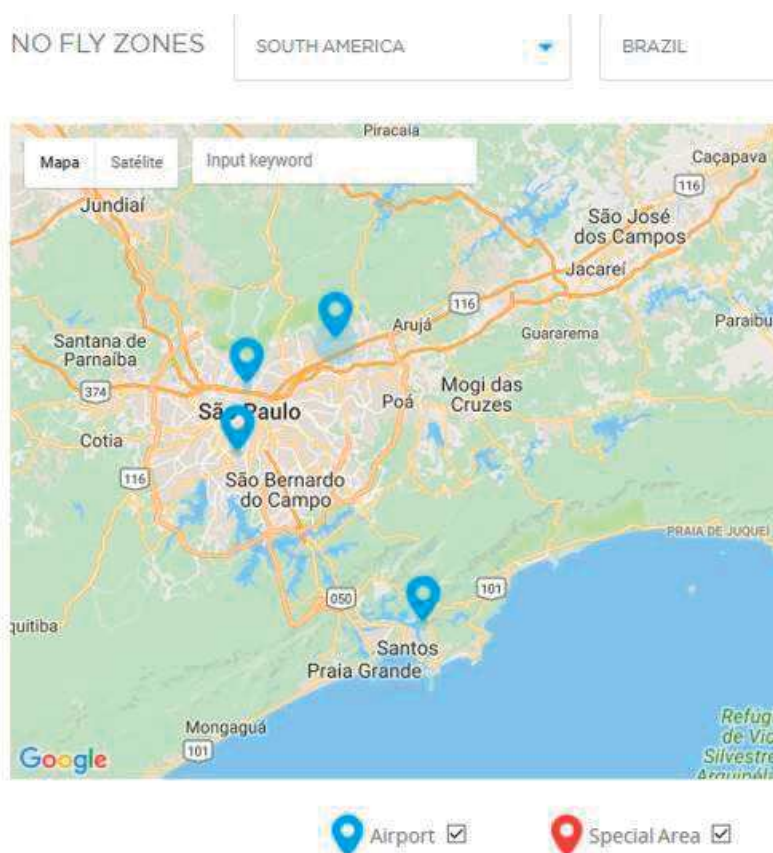


Figura 4: Exemplo de identificação de “no-fly zones” (Fonte: DJI, 2017).

Esta é uma medida de proteção bem intencionada, mas ineficaz se o sinal de GPS não está presente ou se o operador a desliga intencionalmente. Além disso, estes limites são via software, portanto podem ser modificados.

Algumas marcas de drones no mercado não possuem estes limites cadastrados em seus equipamentos, sendo a única proteção a limitação de altitude (400 pés), que podem ser modificados à escolha do operador.

IMPORTANT NOTE: The maximum altitude is limited to 400 feet (122 meters) AGL (Above Ground Level) in both Smart and Angle (Pilot) Mode. And although this limit can be adjusted using the USB interface/programmer and software we strongly recommend using the default limit at all times. (WELLBOTS, 2016).

NOTA IMPORTANTE: A altitude máxima é limitada a 122 metros (400 pés) AGL (acima do nível do solo) nos modos Smart e Angle (Pilot). E embora esse limite possa ser ajustado usando a interface USB / programação e software, recomendamos fortemente usar o limite padrão em todos os momentos. Tradução livre. (WELLBOTS, 2016).

### 3.3 Retirada do drone invasor por outro drone equipado com rede

Em virtude do risco destes contatos, muitas empresas estão surgindo no mundo com a finalidade específica de fornecer proteção à invasão de drones, sejam eles no espaço aéreo, ou em áreas aonde não se deseja a obtenção de imagens não autorizadas ou que se entre com objetos acoplados aos equipamentos.

Alguns fornecedores apresentam a solução de drones armados com redes, conforme Figura 5, para captura de outros não autorizados.



**Figura 5:** Drone preparado para capturar outros (Fonte: SORENSEN, 2016).

Os limitantes desta solução, são: alcance do próprio equipamento, a necessidade de um operador muito competente 24 horas por dia, bem como o risco de uma colisão entre os equipamentos, que pode causar por si só um acidente.

### 3.4 Misturadores de sinal de rádio controlador de drones

Os rádios de controle dos drones podem ter seu sinal bloqueado por equipamentos que atuam ao embaralhar a frequência na qual estes atuam. Dentro desta linha, temos dois tipos básicos de equipamentos: os que possuem feixes direcionais e os que possuem uma amplitude maior, criando uma área de sombreamento de sinal. O comportamento do alvo, pode ser o de voltar ao ponto de decolagem, ficar imóvel, pousar ou simplesmente cair.

Os bloqueadores que tem um feixe direcional, podem ser apontados para os drones a uma distância delimitada pela potência do mesmo, sendo que alguns fabricantes prometem um alcance de até 400m. (BATTELLE, 2016). Vemos um modelo de um equipamento portátil na Figura 6 e outro fixo na Figura 7.



**Figura 6:** Battelle DroneDefender - modelo portátil (Fonte: BATTELLE, 2016).



#### 4 CONCLUSÃO

Por conta da popularização, da facilidade de operação e da crescente melhora da tecnologia existente, os drones civis de pequeno porte podem ser uma ameaça às operações normais de voo em áreas de segurança aeronáutica. Percebe-se que é praticamente impossível para as autoridades aeronáuticas realizarem um controle efetivo sobre a venda e operação destes equipamentos.

Apesar de não considerar neste estudo, as imagens que podem ser obtidas por estes equipamentos podem ferir os direitos de privacidade, bem como ter o objetivo de atacar a propriedade industrial. Alguns destes equipamentos também podem levar uma carga útil correspondente ao seu peso o que pode gerar comportamento ilícitos como levar itens explosivos ou artefatos com objetivo de liberar agentes danosos à saúde (vírus, radioativos, etc).

Pode-se perceber, a partir das pesquisas realizadas, que fora do Brasil estão sendo criadas empresas com a especialidade de produzir equipamentos de proteção contra estas ameaças, demonstrando claramente a preocupação dos agentes de segurança em outros países. Ainda não temos no Brasil histórico de proteções “antidrone” em nossos aeroportos, mas é necessário que se aprofundem os estudos nesta área com o intuito de identificar a melhor solução para este risco em potencial.

Aliado a isso, é importante que sejam fomentadas as pesquisas em equipamentos de fabricação nacional, que possam identificar e afastar as ameaças, com menores custos de aquisição e manutenção.

#### REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **ANAC - Drones**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Drones**. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/setorregulado/component/content/article?id=376>>. Acesso em: 2 maio 2017.
- BATTELE MEMORIAL INSTITUTE. **Battelle Drone Defender - Brochure**. Disponível em: <<https://www.battelle.org/government-offerings/national-security/aerospace-systems/counter-UAS-technologies>>. Acesso em: 08 jun. 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**. Brasília, 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) 94: Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil**. Brasília, 2017. 26 p.
- DA JIANG INNOVATIONS (DJI). **No-Fly Zones**. Disponível em: <<http://www.dji.com/flysafe/no-fly>>. Acesso em: 10 maio 2017.
- DA JIANG INNOVATIONS (DJI). **Phantom 4 User Manual**. Disponível em: <[https://dl.djicdn.com/downloads/phantom\\_4/20170327/Phantom+4+User+Manual+v1.4.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4/20170327/Phantom+4+User+Manual+v1.4.pdf)>. Acesso em: abr. 2017.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **DRONE [RPAS]**. Disponível em: <<https://www.decea.gov.br/drone/>>. Acesso em: 1 maio 2017.
- FERREIRA, A. M. R. et al. Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais...** v. 16, p. 9308-9315. 2013.
- GETTINGER, D.; MICHEL, A. H. **Drone sightings and close encounters: An analysis**. Nova Iorque: Center for the Study of the Drone, Bard College, Annandale-on-Hudson. 2015.
- MENDONÇA, F. A. C. Gerenciamento do perigo aviário em aeroportos. **Revista Conexão SIPAER**, v. 1, n. 1, p. 153-174. 2009. Disponível em: <<https://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/16>>. Acesso em: 1 maio 2017.
- NOVAES, W. G.; ALVAREZ, M. R. .V. Perigo aviário em aeroportos do nordeste do Brasil: análise das colisões entre aves e aviões entre os anos de 1985 e 2009. **Revista Conexão SIPAER**, v. 1, n. 3, p. 47-68, 2010. Disponível em: <<https://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/43>>. Acesso em: 1 maio 2017.
- SORENSEN, J. The Japanese Are Deploying Anti-drone Drones. **Social Underground**. 2016. Disponível em: <<https://socialunderground.com/2016/01/japanese-anti-drones/>>. Acessado em 8 abr. 2017.

---

# Comunicação no Contexto da Aviação: Contribuições da Psicologia

Gustavo Rodrigues de O. Silva<sup>1</sup>, Thaissa Neves R. Pontes<sup>2</sup>

1 Piloto Comercial graduado em Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO), cursando especialização em Gestão de Manutenção de Aeronaves na Estácio de Sá. Atualmente, é Assistente Administrativo da Coordenadoria de Planejamento e Controle de Serviços no Centro de Manutenção da Gol Linhas Aéreas.

2 Graduação em Psicologia pela PUC-GO (2008), mestrado em Ciências do Comportamento pela UnB (2010), doutorado sanduíche pelo Wofford College (2012/2) e doutorado em Ciências do Comportamento pela UnB (2014). Participou da elaboração do Projeto Político Pedagógico do Curso de Psicologia da Faculdade Alfredo Nasser (Unifan) em 2016, como membro do Núcleo Docente Estruturante. Foi membro do Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos (2015/1 à 2016/2) da PUC-GO e atualmente é professora efetiva do Curso de Psicologia (PUC-GO/Unifan) e do Curso de Ciências Aeronáuticas (PUC-GO).

---

**RESUMO:** A comunicação é definida como um processo composto pelos seguintes elementos: fonte, codificação, mensagem, canal, decodificação e receptor. Esses elementos estão dinamicamente inter-relacionados durante a comunicação se constituindo, portanto, em um processo. A fonte, também denominada de transmissor ou emissor, é aquela que transmite a mensagem através do canal de comunicação. A decodificação, feita pelo receptor, consiste na tradução dos símbolos da mensagem em algo que permita seu entendimento. Quando a mensagem é entendida, tal como foi emitida pelo transmissor, pode-se dizer que a comunicação foi eficaz. No entanto, a comunicação pode ser comprometida caso haja barreiras durante o processo. A essas barreiras dá-se o nome de ruídos. No contexto da aviação, as comunicações ineficazes têm sido apontadas como um dos fatores contribuintes para a ocorrência de vários acidentes aeronáuticos. Dessa forma, os objetivos do presente estudo foram: 1) identificar os principais ruídos presentes no ambiente aeronáutico (trataremos aqui alguns desses ruídos como 'linguagem', 'percepção seletiva', 'sobrecarga de informação', 'emoções', 'filtragem', 'medo da comunicação' e 'barreiras físicas'); 2) mostrar os efeitos dos ruídos identificados sobre a comunicação utilizando acidentes reais; e 3) propor estratégias para prevenir a influência de determinados ruídos na comunicação dentro do contexto aeronáutico. Concluiu-se que as estratégias disponíveis para garantir uma comunicação eficaz não têm sido suficientes para prevenir acidentes aéreos envolvendo falhas de comunicação. Assim, reforça-se a necessidade de incluir disciplinas que envolvam 'habilidades de comunicação' nas grades curriculares de escolas voltadas à aviação. Também é proposto que, a comunicação, enquanto habilidade social, seja treinada por meio do Treino de Habilidade Social (ferramenta para instalar, ampliar ou aperfeiçoar as habilidades sociais) para prevenir a influência de determinados ruídos na comunicação dentro do contexto aeronáutico.

**Palavras Chave:** Comunicação. Barreira. Filtro. Ruído. Habilidade. Treino de Habilidade Social.

## Communication in the Context of Aviation: Contributions of Psychology

**ABSTRACT:** Communication is defined as a process composed of the following elements: source, coding, message, channel, decoding and receiver. These elements are dynamically interrelated during communication and therefore constitute a process. The source, also called transmitter, is the one that transmits the message through the communication channel. The decoding, made by the receiver, consists in the translation of the symbols of the message into something that allows its understanding. When the message is understood exactly the same way as it was emitted by the transmitter, it can be said that the communication was effective. However, communication can be compromised if there are barriers during the process. These barriers are called noise. In the context of aviation, ineffective communications have been pointed out as one of the contributing factors for the occurrence of several accidents. In this way, the objectives of the present study were: 1) to identify the main noises present in the aeronautical environment (dealing here with some of these noises like 'language', 'selective perception', 'information overload', 'emotions', 'filtering' 'fear of communication' and 'physical barriers'); 2) show the effects of noise identified on the communication using real accident cases; and 3) propose strategies to prevent the influence of certain noises in communication within the aeronautical context. It was concluded that the strategies available to ensure effective communication have not been sufficient to prevent air crashes involving communication failures. Thus, the need to include disciplines involving 'communication skills' in curricula of aviation schools is reinforced. It is also proposed that communication, as a social skill, be trained through Social Skills Training (tool to install, extend or improve social skills) to prevent the influence of certain noises in communication within the aeronautical context.

**Key words:** Communication. Barrier. Filter. Noise. Skill. Social Skills Training.

**Citação:** Silva, GRO, Pontes, TNR. (2017) Comunicação no Contexto da Aviação: Contribuições da Psicologia. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 33-40.

### 1 INTRODUÇÃO

A comunicação ineficaz tem se mostrado um fator que influencia vários acidentes aeronáuticos. Especialistas da área já vêm há algum tempo estudando os efeitos da comunicação ineficaz devido aos trágicos acidentes já registrados na história da aviação. No entanto, muitos dos acidentes e incidentes graves continuam acontecendo devido a uma falha de comunicação. Segundo Callback (2017), as comunicações eficazes podem impedir uma série de problemas na aviação, enquanto as

comunicações ineficazes podem resultar em graves incidentes ou até mesmo, em grandes desastres na aviação. De acordo com os estudos sobre fatores humanos feitos pela NASA, a comunicação foi abordada em mais de 70% dos relatórios (CALLBACK, 2003, citado em VIEIRA, 2009), sugerindo que a habilidade de comunicação deveria ser ensinada nas escolas de aviação, assim como o conhecimento técnico. Para Vieira (2009), dever-se-ia incluir uma disciplina de 'Habilidade de comunicação' nas grades curriculares de todas as escolas voltadas à aviação. Tal medida está diretamente relacionada com a segurança de voo pois a habilidade de se comunicar, desenvolvida no curso, poderia eliminar possíveis falhas de comunicação favorecendo, portanto, o relacionamento entre os membros da equipe durante as atividades corriqueiras e, principalmente, durante as situações de emergência do voo.

### 1.1 O Processo de Comunicação

A comunicação ocorre quando uma pessoa (transmissor) transmite uma ideia (mensagem) para outra pessoa (receptor). Além do transmissor, da mensagem e do receptor, a comunicação possui outros elementos, tais como: a codificação, o canal, a decodificação e o ruído (CHIAVENATO, 2009). Esses elementos estão dinamicamente inter-relacionados durante a comunicação e, por isso, se constitui em um processo (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2008). O transmissor, também denominado de fonte, é aquele quem transmite a mensagem (produto físico codificado). A fala, o texto escrito, a expressão facial e os gestos são exemplos de mensagens. O canal, que pode ser formal ou informal, é o meio através do qual a mensagem será transmitida ao receptor. A tradução dos símbolos da mensagem em algo que permita seu entendimento é a decodificação feita pelo receptor. Por fim, o ruído é composto pelas barreiras que dificultam ou impedem o entendimento da mensagem. A comunicação é eficaz quando o receptor entende a mensagem tal como foi emitida pelo transmissor e sua eficácia pode ser verificada por meio do feedback transmitido do receptor para o transmissor (CHIAVENATO, 2009; FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2008).

### 1.2 A Comunicação no Contexto da Aviação

Em contextos diferentes da aviação, a comunicação é, comumente, realizada entre duas pessoas. Dentro da cabine de comando, a comunicação também pode ser feita entre duas pessoas, como por exemplo, quando dois pilotos realizam os briefings de decolagem. Contudo, quando a comunicação ocorre no contexto da aviação, é preciso levar em conta um elemento a mais: a máquina. Em determinados contextos, a aeronave transmite estímulos sonoros e visuais que precisam ser decodificados pelo piloto para realizar algum procedimento. Logo, pode-se afirmar que o processo de comunicação ocorre também entre piloto e aeronave.

A existência da interface homem-máquina é evidenciada pelo Modelo SHELL, criado em 1976, por Edwards e posteriormente adaptado por Hawkins. Este modelo se baseia em quatro elementos: Liveware (humano), Software (suporte lógico), Hardware (máquina) e Environment (ambiente). Segundo (FIACO, FONSECA, SILVA, GOIS, & MELO, 2015) o objetivo do modelo SHELL é verificar como cada um desses elementos interage com o elemento central, Liveware, sendo que seu uso é recomendado pela International Civil Aviation Organization (ICAO) para investigar acidentes e incidentes aeronáuticos (MOREIRA, 2001; ALKOV, 1997). A interface Liveware-Liveware compreende a relação entre dois ou mais indivíduos (membros da tripulação, controle de tráfego aéreo, passageiros, etc.) no ambiente de trabalho envolvendo os aspectos inerentes à comunicação, interação e relacionamento. A interface Liveware-Hardware considera quanto o ambiente físico da aeronave está adequado às condições de quem a opera. Já a interface que envolve todo o sistema de apoio disponível no ambiente de trabalho com o piloto é denominada Liveware-Software. Esta interface abrange os procedimentos, simbologias, manuais, checklists, mapas, cartas aeronáuticas, planos de voo e etc. Por fim, a interface Liveware-Environment diz respeito tanto ao ambiente interno (ruídos, vibração, temperatura e etc.) quanto ao ambiente externo à cabine de comando (manutenção, rotina de trabalho, gestão da empresa, entre outros). (MOREIRA, 2001; OPERATOR'S FLIGHT SAFETY HANDBOOK, 2004). O que existe em comum em todas as interfaces é a presença do homem que usa a comunicação como principal meio para interagir e se adaptar ao contexto no qual está inserido. Dessa forma, é de extrema importância que a comunicação, principalmente no contexto da aviação, não seja negligenciada quando o assunto em questão é segurança de voo.

Imagine, por exemplo, uma situação de aproximação de uma aeronave. O comandante (transmissor) entra em contato com o operador do controle de tráfego aéreo (receptor) para informar o ingresso na área de controle terminal e solicitar autorização para efetuar os procedimentos de aproximação. Tal mensagem deve ser transmitida através do rádio e o controlador, por sua vez, afirmará de que está ciente desse novo tráfego (voo) na sua área de jurisdição e, assim que avistá-lo no radar, informará ao comandante que está mantendo o contato radar para autorizar o procedimento de aproximação. Nesse exemplo, é possível afirmar que houve comunicação eficaz, uma vez que o feedback fornecido (dados sobre a aproximação) pelo receptor (controlador) foi coerente com a mensagem (solicitação de ingresso na área de controle terminal e autorização para efetuar os procedimentos de aproximação) enviada pelo transmissor (comandante). A comunicação não teria sido eficaz se possíveis ruídos tivessem distorcido a clareza da mensagem. De acordo com Vieira (2009), a comunicação ineficaz pode levar a dados errôneos, erros de julgamento, interpretação conflitante, erro na tomada de decisão, vigilância inapropriada entre outros.

### 1.3 Canal de Comunicação

No processo de comunicação, a mensagem pode ser transmitida por meio de dois tipos de canal: formal e informal. O canal de comunicação formal é definido pela organização, instituição ou companhia e deve ser utilizado apenas para transmitir mensagens referentes às atividades laborais. Outros tipos de mensagens (pessoais ou sociais), no entanto, devem ser transmitidas por meio do canal de comunicação informal (CHIAVENATO, 2009).

Na aviação, o Departamento de Controle de Espaço Aéreo (DECEA) é o responsável por definir os canais de comunicação formais, como por exemplo, rádio, planos de voo e cartas aeronáuticas. Atualmente, o canal de comunicação formal mais utilizado entre pilotos e controladores é o rádio com frequências HF (faixa de 3 Mhz a 30 Mhz) e VHF (faixa de 118 Mhz a 136,98 Mhz). Porém, a comunicação via rádio tem se tornado cada vez menos viável devido ao seu congestionamento causado pelo avanço da aviação (RIBEIRO, 2009). Uma tecnologia alternativa para combater o aumento do tráfego aéreo é o Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC) que consiste em um entrelace de dados entre piloto e controlador de tráfego aéreo que visa buscar contínuas melhorias na segurança de voo. Este canal formal substitui a comunicação por voz por uma série de informações, requisições, autorizações e outras mensagens de texto pré-formatadas obedecendo à fraseologia empregada na radiotelefonia (MCA 100-16).

Quanto às cartas aeronáuticas, estas auxiliam os tripulantes na navegação e na realização dos procedimentos, podendo ser utilizadas tanto em um voo Visual Flight Rules (VFR) quanto em um voo Instrument Flight Rules (IFR). Em um voo VFR, as cartas apoiam o piloto na navegação que deve ser realizada sempre mantendo contato visual com o solo e os obstáculos. Já no voo IFR, as cartas estabelecem como os procedimentos deverão ser executados pelos pilotos para conduzirem uma aeronave utilizando os instrumentos de bordo (ICA 96-1, 2016).

## 2 METODOLOGIA

O método utilizado consistiu em uma abordagem qualitativa pois tal abordagem permite que os pesquisadores se aprofundem na compreensão dos fatos. Esta abordagem é feita por meio da interação entre os fatos observados e a teoria. Logo, o principal instrumento de investigação utilizado no presente estudo foi a interpretação dos pesquisadores, sem ter a necessidade de se preocuparem em recrutar participantes, fazer generalizações estatísticas e relações de causa e efeito (GODOY, 1995).

Nesse sentido, os conhecimentos teóricos, sobre comunicação, que a Psicologia tem proporcionado, foram aplicados em situações reais (acidentes e incidentes graves) a fim de ilustrar como falhas na comunicação podem levar a consequências fatais. Além disso, a metodologia utilizada forneceu um caráter multidisciplinar ao presente estudo, uma vez que buscou interagir duas áreas de conhecimento e campos de atuação (psicologia e aviação) visando a uma compreensão mais ampla dos fatos. Assim, os objetivos do presente estudo foram: 1) identificar os principais ruídos presentes no ambiente aeronáutico; 2) mostrar os efeitos dos ruídos (identificados no presente estudo) sobre a comunicação utilizando acidentes reais e; 3) propor estratégias para prevenir a influência de determinados ruídos na comunicação dentro do contexto aeronáutico.

## 3 RUÍDOS

A mensagem decodificada pelo receptor pode ser diferente daquela codificada pelo transmissor. Quando isso ocorre, pode-se afirmar que houve um ruído no processo de comunicação. O ruído é definido como o conjunto de barreiras que prejudicam a clareza da mensagem, seja ela visual, auditiva ou escrita (CARVALHO, citado em VIEIRA, 2009). Na aviação, inúmeras barreiras podem comprometer a clareza da mensagem impedindo que o processo de comunicação flua de maneira eficaz. A seguir, são apresentadas algumas dessas barreiras e como elas podem prejudicar a comunicação no contexto da aviação.

### 3.1 Linguagem

Nem sempre a linguagem utilizada entre duas pessoas que falam o mesmo idioma será a mesma. Isso ocorre devido a diferenças de idade, educação e cultura (CHIAVENATO, 2009). Na aviação, não é raro ter que se comunicar com outros profissionais que falam uma língua diferente da língua nativa de onde nasceu, aumentando mais ainda a chance de ocorrer falhas na comunicação. Para eliminar essa barreira, a International Civil Aviation Organization (ICAO) estabelece que, em toda comunicação entre um órgão ATC e uma tripulação estrangeira, deve-se fazer uso da língua universal da aviação que é o inglês. Contudo, essa medida elimina, em parte, a barreira em questão pois, a falta de fluência no idioma pode prejudicar a clareza da mensagem e causar acidentes (DEITZ, THOMS, & LUESSENHEIDE, 1991). De acordo com a ICAO, as investigações dos acidentes, entre 1976 e 2000, apontaram que mais de 1.100 pessoas (entre passageiros e tripulantes) perderam suas vidas em acidentes que teve a deficiência no inglês de controladores e/ou de pilotos como um dos fatores contribuintes (MATHEWS, 2004).

O acidente entre o voo PAA 1736 da Pan Am e o voo KLM 4805 da KLM, ambos operados por um Boeing 747, que ocorreu no aeroporto de Los Rodeos em Tenerife, ilustra como a ausência do domínio do inglês pode prejudicar a comunicação e produzir consequências fatais. Durante o procedimento de autorização para decolagem, o piloto do voo KLM 4805, nascido na Holanda, informou ao membro da ATC que estava no ponto de decolagem. O controlador, declarou ciência e solicitou que o



mesmo aguardasse, uma vez que o voo da Pan Am ainda estava na pista. No entanto, o piloto do voo KLM 4805 iniciou a corrida de decolagem e acabou colidindo com a aeronave da Pan Am na pista. As investigações concluíram que o piloto do voo KLM não iniciou a decolagem intencionalmente, mas decodificou a mensagem em inglês emitida pelo controlador como uma autorização para decolar. O relatório final desse acidente lembra que a causa não deve ser atribuída a um único fator, no entanto, ainda assim, pode-se afirmar que a comunicação teria sido eficaz e, possivelmente, evitado a morte de 583 pessoas se piloto e controlador tivessem domínio da língua inglesa e obedecido a fraseologia padrão (KALAZANS, 2011).

### 3.2 Percepção Seletiva

Durante o processo de comunicação, o receptor pode ver e escutar seletivamente, ou seja, pode não ver a realidade tal como ela é, mas interpretar o que vê e escuta achando que é a realidade. A percepção seletiva é influenciada pelas próprias necessidades, motivações pessoais, experiências e história de vida (CHIAVENATO, 2009; RAMOS 2003).

A percepção seletiva de informações contidas no plano de voo pode ser exemplificada por meio do acidente com o Boeing 737-200 da Varig que cumpria o voo RG 254 de São Paulo para Belém em 1989. Tal acidente ocorreu devido à implementação de um novo plano de voo que a empresa havia adotado, no qual os rumos passaram a ser compostos de quatro dígitos, quando anteriormente eram compostos por três dígitos. O quarto dígito, que era uma casa decimal, deveria ser considerado apenas para aeronaves DC-10 e não para Boeing. Embora os pilotos tenham sido informados de tal mudança durante os treinamentos da companhia aérea, a tripulação decodificou a informação sobre o rumo de forma seletiva. No plano de voo, o rumo foi apresentado como 0270, mas a tripulação do Boeing, em vez de voar no rumo 027, voou no rumo 270 levando a aeronave a realizar um pouso forçado devido à “pane seca” (KALAZANS, 2011).

### 3.3 Sobrecarga de Informação

A sobrecarga de informação acontece devido a um excesso informações que ultrapassa a nossa capacidade de processamento levando à seleção, esquecimento e até mesmo distorções do conteúdo da mensagem. Essa perda de informações compromete a comunicação tornando-a menos eficaz (CHIAVENATO, 2009; GEKKERTG, 2017).

A falha na comunicação devido a sobrecarga de informação pode ser exemplificada por meio do voo Aeroperú 603 que decolou de Miami (Estados Unidos) para Santiago (Chile) em 1996. Após a decolagem, o computador de bordo do Boeing 757 transmitiu várias mensagens simultâneas à tripulação, muitas delas contraditórias. A tripulação declarou emergência uma vez que, além de não terem conhecimento da verdadeira velocidade e altitude, o voo foi feito à noite sobre a água, sendo impossível ter referências visuais. Apesar de a aeronave ter sido guiada pelo controlador para voltar à terra, o Boeing 757 bateu a ponta da asa e caiu nas águas do Oceano Pacífico, causando a morte de todos os passageiros e tripulantes. De acordo com as investigações sobre o acidente, concluiu-se que uma fita adesiva havia sido deixada acidentalmente sobre algumas ou todas as tomadas de pressão estáticas depois que a aeronave havia sido limpa. O bloqueio das tomadas de pressão estáticas (responsáveis por fornecer dados anemométricos básicos) levou o computador de voo a emitir numerosos alarmes na cabine, conflitando tanto uns com os outros quanto com os instrumentos. Nesse sentido, o ruído elétrico causado pelo bloqueio das tomadas de pressão estática impediu que a aeronave codificasse as informações corretamente comprometendo, portanto, a decodificação da grande quantidade de informações que os pilotos receberam da aeronave (FINAL REPORT AEROPERU 603, 1997).

### 3.4 Emoções

As emoções podem ser consideradas como barreiras para a comunicação porque a maneira como as pessoas se sentem interfere na forma como a mensagem será codificada pelo transmissor e/ou decodificada pelo receptor. Ou seja, um receptor distraído ou chateado, por exemplo, decodificará a mensagem de uma maneira diferente de quando estiver concentrado ou feliz (CHIAVENATO, 2009; RAMOS 2003).

A emoção, enquanto ruído, pode ser exemplificada por meio do acidente ocorrido no dia 6 de Agosto de 2005. O voo Tuninter 1153 operado por um ATR-22 que ligaria Bari na Itália a uma ilha na Tunísia, realizou um pouso no mar mediterrâneo devido a uma pane seca. As investigações mostraram que a pane seca ocorreu devido a uma falha na manutenção, ou seja, o medidor de combustível instalado na aeronave durante a manutenção feita no dia anterior era incompatível com o tipo de aeronave, causando uma medição incorreta do abastecimento da aeronave (KALAZANS, 2013). Porém, quatro anos após o acidente, a justiça italiana condenou os pilotos a 10 anos de prisão porque, no momento em que os motores do avião pararam de funcionar, os pilotos ficaram emocionalmente abalados e começaram a rezar em vez de se comunicarem para solucionar o problema. (KALAZANS, 2013).

### 3.5 Filtragem

A filtragem é a manipulação da informação pelo transmissor, cujo objetivo é fazer com que a informação alcance o receptor de forma mais favorável. A filtragem é uma barreira para a comunicação eficaz porque a distorção da mensagem favorece o ponto de vista do transmissor ou o que ele deseja que o receptor decodifique (CHIAVENATO, 2009; RAMOS, 2003).

O voo AVA 052 realizado pelo Boeing 707 da Avianca ilustra como a filtragem pode interferir na comunicação. Em 1990, durante o inverno nova-iorquino, o aeroporto JFK se encontrava em condições meteorológicas adversas e o voo AVA 052

precisou fazer órbita de espera desde a costa da Virgínia. Após uma tentativa de pouso, a aeronave não avistou a pista e precisou arremeter. Nesse momento, no entanto, havia apenas mais 9 minutos de combustível e a tripulação não declarou emergência.

Posteriormente, quando o controlador instruiu a aeronave para efetuar o procedimento de aproximação perdida<sup>1</sup>, o comandante, que não falava inglês fluente, pediu ao copiloto para declarar emergência. Porém, em vez de esclarecer a situação como solicitado pelo comandante, o copiloto apenas respondeu ao controlador que estava ficando sem combustível, desprezando a fraseologia padrão e comprometendo o entendimento do controlador sobre a real situação da aeronave (KALAZANS, 2013).

### 3.6 Medo da Comunicação

É comum que o medo da comunicação seja uma barreira à comunicação eficaz. As pessoas que têm medo de se comunicar sentem tensão ou ansiedade, sem motivo aparente, e, conseqüentemente tendem a evitar as situações em que ela é necessária (CHIAVENATO, 2009).

O voo da United Airlines 173 foi realizado entre Denver (Colorado) e Portland (Oregon), nos Estados Unidos. Durante a aproximação final, os instrumentos da aeronave indicaram anomalia no posicionamento das rodas e os pilotos informaram ao controlador que o pouso não seria mais possível de ser realizado por motivos técnicos. O controlador, por sua vez, orientou a aeronave para voar até um ponto para execução de órbitas. Contudo, o combustível remanescente começou a diminuir e somente o engenheiro de voo percebeu que a situação era crítica, mas não foi enfático o suficiente ao alertar os colegas sobre a situação de emergência. Diante da mensagem do engenheiro de voo, o comandante pediu mais tempo para adotar todas as medidas preventivas e diminuir o peso da aeronave para o pouso. O engenheiro, entretanto, chegou a comentar que o combustível não seria suficiente para tudo aquilo e que teriam em torno de 15 minutos para chegar ao aeroporto. Quando o voo 173 finalmente interceptou a aproximação final para realizar uma aterrissagem de emergência em Portland, os motores apagaram provocando a morte de 10 pessoas entre 189 a bordo. Este acidente ilustra como as pessoas tentam evitar a transmissão clara de uma mensagem devido ao medo das conseqüências que uma comunicação pode ocasionar em determinados contextos (ZWERDLING, 2012).

### 3.7 Barreiras Presentes no Ambiente Físico

O ambiente também apresenta uma série de barreiras que podem comprometer a clareza da mensagem. Barreiras físicas, tais como, porta da cabine de comando, estação de trabalho e distância, podem dificultar até mesmo a comunicação entre pilotos sentados lado a lado. Já as barreiras circunstanciais (barulho do motor, vibrações e condições de tempo), apesar de não estarem presentes no ambiente o tempo todo, e sim apenas em algumas situações, também podem impedir que o processo de comunicação flua de maneira eficaz (VIEIRA, 2009). Contudo, não foi encontrado registro de acidentes causados por falha de comunicação devido a barreiras presentes no ambiente físico.

## 4 CONCLUSÃO

Com o objetivo de estabelecer um padrão nas comunicações aeronáuticas, o DECEA elaborou o manual denominado MCA 100-16 Fraseologia de Tráfego Aéreo. O termo fraseologia é conceituado como um procedimento cuja finalidade é assegurar a uniformidade das comunicações radiotelefônicas, reduzir o tempo gasto para transmitir as mensagens e proporcionar autorizações claras e concisas. O objetivo das comunicações radiotelefônicas entre pilotos e controladores de tráfego aéreo ou operadores de estação aeronáutica é o entendimento mútuo (KALAZANS, 2013). Sendo assim, antes de iniciarem os serviços de tráfego aéreo, é necessário que, por um lado, o controlador e o operador conheçam claramente as intenções do piloto. Por outro, também é necessário que o piloto saiba quais são as instruções procedentes do Serviço de Tráfego Aéreo (ATS). Após a troca de mensagens, o manual recomenda que o piloto em comando deverá cotejar, ou seja, repetir verbalmente determinadas autorizações e instruções recebidas. Caso um piloto repita uma instrução ou autorização incorretamente, o controlador deverá dizer: “Negativo!” Seguida da versão correta. Além disso, a MCA 100-16 recomenda o uso de termos técnicos em detrimento de palavras que possuam semelhança fonética (e.g. holl vs. roll, aguardar vs. decolar) ou que sejam vazias de significado (e.g. Ok! Ah.. é!). Embora essas e outras recomendações da MCA 100-16 tenham a finalidade de tornar a comunicação eficaz, tais recomendações parecem não ser suficientes devido à ocorrência de acidentes e incidentes que têm como fator contribuinte a falha na comunicação.

No início da aviação, os treinamentos para tripulantes restringiam-se às habilidades técnicas, porém, com avanço das investigações de acidentes e incidentes graves, constatou-se que era fundamental incluir o fator humano no treinamento. Atualmente, a ferramenta denominada Corporate Resource Management (CRM) tem como objetivo desenvolver habilidades tais como: consciência situacional, solução de problemas, tomada de decisões, liderança, administração de estresse, desenvolvimento do senso crítico e, principalmente, da capacidade de comunicação, sendo que esta última habilidade é a base do trabalho bem sucedido em equipe (OPERATOR'S FLIGHT SAFETY HANDBOOK 2004; CUNHA & CONCEIÇÃO, 2013).

<sup>1</sup> Situação na qual a aeronave está impossibilitada de completar uma aproximação e de efetuar o pouso em segurança. Na aproximação perdida, é recomendado que a aeronave siga a trajetória e altitudes estabelecidas na carta de aproximação por instrumento (IAC) ou cumpra instruções fornecidas do órgão apropriado (KALAZANS, 2013).

Em 1981, foi implementado o Treinamento em Gerenciamento de Recursos da Cabine (Cockpit Resource Management - CRM), com o objetivo de minimizar o erro humano como fator contribuinte para acidentes e incidentes aeronáuticos (IAC 060-1002a, 2015; PEREIRA, 2004; HANDBOOK, 2004). Inicialmente, o treinamento era ministrado apenas à tripulação técnica, pois o foco do CRM se limitava em trabalhar a coordenação dos pilotos envolvidos com a operação da aeronave em prol da otimização da segurança de voo. A fim de buscar uma maior eficácia do gerenciamento de recursos, a tripulação como um todo, passou a ser o foco do CRM, e não apenas os pilotos como era antes. Desta forma, o termo Cockpit (Cabine) evoluiu para Crew (Tripulação), de modo que a sigla CRM passou a significar Crew Resource Management (Gerenciamento de Recursos da Tripulação). Posteriormente, o erro humano passou a ser entendido como resultado de uma dinâmica organizacional e o gerenciamento de recurso de tripulação evoluiu para gerenciamento de recurso de corporação/equipe. Logo, o foco do CRM se ampliou para comissários de bordo, mecânicos, pessoal de rampa, de check-in/out, da administração, manutenção, despachantes, entre outros, uma vez que, todos os profissionais direta e indiretamente ligados à atividade aérea são responsáveis pela segurança de voo (IAC 060-1002a, 2015; HELMREICH, MERRITT & WILHELM, 1999).

O treinamento do CRM é feito em três fases: 1) Conscientização; 2) Prática e Feedback; e 3) Reforço. A primeira fase consiste em introduzir os conceitos básicos sobre CRM por meio de palestras e apostilas. A segunda fase consiste em enfatizar os conceitos de CRM através de dinâmicas de grupo, dramatizações, simulações de papéis e outras técnicas (IAC 060-1002a). Nessa fase, deve haver simulações em LOFT (Line Oriented Flight Training) que consiste em treinar a tripulação aérea envolvendo uma simulação da operação de situações que fazem parte do cotidiano da operação aérea, com ênfase na situação que envolve comunicação, administração e liderança (IAC 060-1002a; HANDBOOK, 2004). É recomendado que essa fase ocorra antes de completar três meses desde o término da primeira fase. Por fim, a última fase consiste em reforçar o aprendizado obtido nas fases anteriores. É recomendado que ocorra a cada dois anos, no entanto, o CRM não deve ser uma ferramenta para ser aplicada de tempos em tempos, mas, sim, tornar-se parte da cultura da organização.

#### 4.1 Estratégias para uma comunicação eficaz

As empresas aéreas têm se esforçado para prover o treinamento CRM, entretanto, tem sido observado uma curta duração dos efeitos positivos de tal ferramenta (Helmreich, Merritt & Wilhelm, 1999). De acordo com Wiegmann e Shappell, citado em Vieira (2009), falhas no treinamento de CRM continuam sendo apontadas nos relatórios de investigação de acidentes. A fim de prevenir acidentes causados por falha na comunicação, Vieira (2009) propõe uma ferramenta denominada Treinamento de Habilidade de Comunicação (THC). Este treinamento tem como foco principal o desenvolvimento da habilidade de comunicação individual a fim de amenizar o efeito dos ruídos que comprometem a comunicação e ocasionam os acidentes.

Quando os alunos não têm a habilidade de comunicação treinada durante a formação básica, tal habilidade dependerá da individualidade de cada profissional ao ser admitido em uma companhia aérea. Vieira (2009) sugere que as habilidades de comunicação sejam ensinadas antes que aeronauta e aeroviário sejam admitidos na companhia aérea pois, caso contrário, além das consequências intrínsecas à falha de comunicação, o CRM também não será eficiente. Considerando que a falha na comunicação pode ser tão fatal quanto uma falha no motor, a mesma autora defende não apenas que o THC seja integrado nos currículos das escolas de Aviação, mas que também seja exigido um certificado do domínio da capacidade de se comunicar para completar a formação do aeronauta e aeroviário, assim como já acontece com os estudantes de medicina nos Estados Unidos.

A habilidade de comunicação é uma das inúmeras habilidades que compõem o que é denominado de Habilidades Sociais. Para Caballo (1996), os componentes do comportamento socialmente habilidoso são: iniciação, manutenção e encerramento de episódios verbais, aceitação e emissão de elogios e críticas, expressão de emoções de afetividade, empatia, opiniões pessoais complacentes ou discordantes, postura assertiva, defesa dos próprios direitos, reconhecimento de comportamentos não assertivos e agressivos, desculpar-se, entre outros comportamentos compatíveis com a comunidade que o indivíduo está inserido. A aquisição de tais comportamentos pode ocorrer em função das interações do indivíduo com seu ambiente natural sem haver qualquer tipo de treino formal. No entanto, quando o ambiente natural não permite a aquisição de comportamentos socialmente habilidosos, é necessária a intervenção de um profissional especializado em treinamento comportamental (DEL PRETTE & DEL PRETTE, 2010). Para tanto, uma ferramenta bastante utilizada por psicólogos de abordagem comportamental é o Treino de Habilidades Sociais (THS) que tem como objetivo ensinar e/ou aprimorar comportamentos socialmente habilidosos. O THS constitui um campo teórico-prático de conhecimento acerca do desempenho social e envolve etapas de avaliação e intervenção. Em outras palavras, é uma ferramenta que envolve treinos com ensino formal no qual os alunos são expostos às situações planejadas para aprender comportamentos adequados dentro de um contexto social. O THS pode ser benéfico para aeronautas, uma vez que profissionais com altos níveis de habilidades sociais, além de conseguirem lidar com o estresse, são mais resistentes aos efeitos danosos de uma situação de risco (VIEIRA, 2011).

Finalmente, sugere-se que as estratégias tradicionalmente utilizadas para garantir uma comunicação eficaz na aviação devem ser associadas com um treinamento formal das habilidades sociais, incluindo a habilidade de comunicação. Esse treinamento, no entanto, deveria ser uma exigência obrigatória na formação do aeronauta para que a capacidade de se comunicar não dependesse exclusivamente das experiências de cada aeronauta. Para garantir a eficácia do treinamento no longo prazo, o THS deveria ser adotado e implementado frequentemente por escolas de aviação e companhias aéreas. Tais sugestões têm como

objetivo diminuir a influência que determinados ruídos podem exercer na comunicação dentro do contexto aeronáutico e, conseqüentemente, aumentar a segurança de voo.

## REFERÊNCIAS

- ALKOV, R. A. Aviation safety: The human factor. Casper: Endeavor books. p.57-74. 1997.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Instrução de Aviação Civil (IAC) 060-1002a: Treinamento Em Gerenciamento De Recursos De Equipes (Corporate Resource Management – Crm). Rio de Janeiro, 2005.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 100-16: Fraseologia de Tráfego Aéreo. Rio de Janeiro, 2013.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 96-1: Cartas Aeronáuticas. Rio de Janeiro, 2016.
- CALLBACK FROM NASA'S AVIATION SAFETY REPORTING SYSTEM. Estados Unidos, Moffett Field: NASA, n. 289, out. 2003. 2 p.
- CALLBACK FROM NASA'S AVIATION SAFETY REPORTING SYSTEM. Estados Unidos, Moffett Field: NASA, n. 444, jan. 2017. 2 p.
- CABALLO, V. E. Manual de técnicas de terapia y modificación de conducta. Madri: Siglo Veintiuno, 2006.
- CABALLO, V. O treinamento em habilidades sociais. In: CABALLO V. (Ed.), Manual de técnicas de terapia e modificação do comportamento. São Paulo, SP: Ed. Santos, 1996. p. 181-309
- CHIAVENATO, I. Comportamento Organizacional: Teoria e Prática 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 240 p. ISBN 85-3526-644-5.
- CONCEIÇÃO, F. C.; CUNHA, L. F. Habilidades sociais em militares de um esquadrão de helicópteros da Marinha do Brasil. Revista Conexão SIPAER, v. 4, n. 3, p. 69-77. 2013. Disponível em: <<https://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/262>>. Acesso em: 1 fev. 2017.
- CUSHING, S. Fatal Words: Communication Clashes and Aircraft Crashes. The University of Chigado Press. 1994.
- DEITZ, S. R.; THOMS, W. E.; LUESSENHEIDE, H. D. Pilots, Personality, and performance: Cockpit Communication and Initial Aviation training. Nova Iorque: Greenwood Publishing Group, 1991. p. 65-70.
- PRETTE, A.; PRETTE, Z. A. P. Habilidades sociais e análise do comportamento: Proximidade histórica e atualidades. Revista Perspectivas, v. 2, 2010. P. 104-115.
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board. Aircraft Accident Report: AeroPeru 603, 1997. NTSB, Washington, DC, 1989. 295 p. Disponível em: <<http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/1719.pdf>> Acesso em: 9 maio 2017.
- FIACO, R. M. et al. Análise dos Riscos Ocupacionais na Função do Piloto de Avião: Aplicação ao Sistema do Gerenciamento da Segurança. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 5., 2015, Ponta Grossa. Anais... 2015.
- FERREIRA, A. B. H. Mini dicionário Aurélio, século XXI. 4. Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 790 p. ISBN 85-2091-114-5.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION. Approach-and-landing accident reduction. Flight Safety Digest, v. 19, n. 8-11, p.1-196, ago.-nov. 2000. Disponível em: <[http://www.mtc.gov.pe/portal/transportes/aereo/aeronauticacivil/alar\\_tool\\_kit/pdf/fsf\\_rat.pdf](http://www.mtc.gov.pe/portal/transportes/aereo/aeronauticacivil/alar_tool_kit/pdf/fsf_rat.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2009.
- GELLERTH, K. As Barreiras na Comunicação Organizacional. Disponível em: <<http://esic.br/artigos/ASBARREIRASDACOMUNICACAOORGANIZACIONAL220414.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2017.
- GLOBAL AVIATION INFORMATION NETWORK (GAIN). Operator's flight safety handbook. Manual de segurança de vôo dos operadores aeronáuticos. Porto Alegre: EDIPUCRS. 2004. 152 p. ISBN 85-7430-446-8.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de empresas. São Paulo, 35, p. 57-63.
- HELMREICH, R.L.; MERRITT, A.C.; WILHELM, J.A. The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. International Journal of Aviation Psychology, University of Texas at Austin Human Factors Research Project, 1999.
- ISAAC, A. R.; RUITENBERG, B. Air Traffic Control: Human Performance Factors. Aldershot: Ashgate, 1999. 365 p. ISBN 02-9139-854-5.
- KALAZANS, D. C. Desvendando a caixa preta. São Paulo: All Print, 2011.
- KALAZANS, D. C. Acidentes aéreos: conheça os bastidores das investigações de acidentes aeronáuticos. São Paulo: Bianch, 2013.
- MATHEWS, E. New provisions for English language proficiency to improve aviation safety. ICAO Journal, v. 59, p. 4-6, 2004.
- MONAN, W. P. Human factors in air-carrier operations: the hearback problem. Moffett Field: NASA, 1988. (Report CR 177398)

- MOREIRA, S. L. B. Fatores Humanos e Modelos Conceituais. In: PEREIRA, M. da C. & RIBEIRO, S. L. de O. (Orgs.). Os Voos da Psicologia no Brasil: Estudos e Práticas na aviação. Rio de Janeiro: Departamento de Aviação Civil, 2001. p. 31-38.
- RAMOS, C. L. Barreiras e Estímulos da Comunicação Interpessoal nas Organizações. Brasília, 2003. 55 p.
- RIBEIRO, A. B. et. al. Impacto dos Problemas de Comunicação na Segurança de Voo e Proposta para Criação de Curso Específico de Comunicação Radiofônica para Pilotos. São Paulo: trabalho de conclusão de curso, 2009. 135 p.
- RIBEIRO, S. L. O. Fatores Humanos e modelos conceituais. In: PEREIRA, M. C. e RIBEIRO, S. L. O. Os Voos da Psicologia no Brasil: Estudos e Práticas na Aviação. Rio e Janeiro: Departamento de Aviação Civil, 2001.
- TEIXEIRA, C. H. L. Acidente do voo be-548, uma análise das falhas sob os aspectos do crm. Belo Horizonte, 2013.
- VIEIRA, A. M. A importância do treinamento das habilidades de comunicação nos cursos de aviação. SITRAER – SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO. São Paulo. 2009.
- VIEIRA, A. M.; SANTOS, I. C. Treinamento das Habilidades de Comunicação: uma Ferramenta proativa para a segurança de Aviação. SIMPÓSIO DE SEGURANÇA DE VOO, 4. 2011.
- ZWERDLING, R. Evite a visão de túnel. 2012. Disponível em: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/evite-a-visao-de-tunel\\_615.html#ixzz4fy922iBT](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/evite-a-visao-de-tunel_615.html#ixzz4fy922iBT)>. Acesso em 2 maio 2017..

---

# Storytelling em Técnica Prospectiva de Identificação de Perigos

Pedro Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Éder Henriqson<sup>2</sup>

1 Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela PUCRS e piloto comercial de avião. Atualmente é copiloto na Azul Linhas Aéreas Brasileiras. Foi bolsista de iniciação científica, período em que participou em Grupo de Pesquisa em Tomada de Decisão, colaborou no desenvolvimento de projeto de curso de Gerenciamento de Recursos de Manutenção (MRM) e desenvolveu o uso do storytelling em técnicas prospectivas para identificação de perigos em atividades de instrução aérea. Suas principais áreas de interesse envolvem transporte aéreo, fatores humanos e sistemas de gerenciamento de segurança operacional.

2 Pós-Doutorado na Griffith University (Austrália), Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com parte do curso realizado na Lund University (Suécia). Mestre em Administração e Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela PUCRS. Piloto Comercial de Avião, Instrutor de Voo, Agente de Segurança de Voo (ASV), Instrutor de CRM e Sistemas de Gerenciamento de Segurança Operacional. Atualmente, é Diretor de Graduação da Pró-Reitoria Acadêmica e professor na PUCRS. É professor/pesquisador afiliado ao Lund University Center for Risk Assessment and Management. Possui atividades de pesquisa em colaboração com o Safety Science Innovation Lab da Griffith University. As áreas de interesse em pesquisa envolvem transporte aéreo, engenharia de sistemas cognitivos, tomada de decisão, fatores humanos, cultura organizacional, sistemas de gestão de segurança, investigação de acidentes, resiliência organizacional e sistêmica, desastres, gerenciamento de crises e métodos de pesquisa social.

---

**RESUMO:** A segurança operacional é uma das mais altas prioridades das organizações de alta confiabilidade tais como provedores de serviços de aviação civil (PSACs). No âmbito de provedores com menores recursos tecnológicos, o desenvolvimento das ferramentas de prevenção de acidentes tem, predominantemente, ocorrido a partir da lógica do retorno de conhecimento, a qual pressupõe que a melhoria contínua da segurança se sustenta no aprendizado com situações passadas, por meio de abordagens reativas (como investigações de acidentes). Entretanto, quanto mais seguros os sistemas ficam, menor é a taxa de retorno de conhecimento e, portanto, menores são as oportunidades de aprimoramento da segurança. Diante dessa problemática, esta pesquisa desenvolveu uma técnica que incorpora o uso de storytelling para identificar vulnerabilidades em operações de instrução aérea com uma abordagem prospectiva. A aplicação da técnica ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas com grupos de instrutores e de alunos de um aeroclube. Foram estimuladas discussões entre os participantes sobre as tendências observáveis nas operações e, tomando como referência um roteiro, cada grupo foi orientado a elaborar uma narrativa de um possível acidente no contexto das operações de instrução do aeroclube. Os participantes também tiveram a oportunidade de sugerir recomendações de segurança para os casos elaborados. A coleta e análise dos dados resultou em dois casos fictícios de acidentes, contendo suas respectivas histórias, análises sistêmicas e recomendações de segurança. Esses casos foram apreciados por outros funcionários do aeroclube e reconhecidos como coerentes com a realidade situacional das operações de instrução. Esta técnica pode vir a se constituir numa alternativa viável para que pequenos PSACs atendam aos requisitos preditivos da gestão de segurança operacional. Estima-se que esta técnica seja adaptável para aplicar em organizações de manutenção, em empresas de transporte aéreo e em outras áreas além da aviação.

**Palavras Chave:** Gestão de Segurança Operacional. Identificação de Perigos. Storytelling.

## Storytelling in Hazard Identification Technique

**ABSTRACT:** Operational safety is one of the highest priorities of high-reliability organizations such as civil aviation service providers (PSACs). In the scope of providers with lower technological resources, the development of accident prevention tools has predominantly occurred from the logic of the return of knowledge, which presupposes that the continuous improvement of safety is supported by learning from past situations, through of reactive approaches (such as accident investigations). However, the more secure the systems are, the lower the rate of return of knowledge, and therefore the fewer opportunities for improving safety. In view of this problem, this research developed a technique that incorporates the use of storytelling to identify vulnerabilities in air operations with a prospective approach. The technique was applied through semi-structured interviews with groups of instructors and students of a flying club. Discussions were encouraged among observers about observable trends in operations and, based on a road map, each group was guided to elaborate a narrative of a possible accident in the context of the flight school instruction operations. Participants also had the opportunity to suggest safety recommendations for the cases developed. The collection and analysis of the data resulted in two fictitious cases of accidents, containing their respective histories, systemic analyzes and safety recommendations. These cases were appreciated by other employees of the air club and recognized as consistent with the situational reality of the operations of instruction. This technique may be a viable alternative for small PSACs to meet the predictive requirements of operational safety management. It is estimated that this technique is adaptable to apply in maintenance organizations, air transport companies and in other areas besides aviation.

**Key words:** Operational Safety Management. Hazard Identification. Storytelling.

**Citação:** Silva, PR, Henriqson, E. (2017) Storytelling em Técnica Prospectiva de Identificação de Perigos. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 41-53.

## 1 INTRODUÇÃO

Aos Pequenos Provedores de Serviço de Aviação Civil (PPSACs), como aeroclubes e escolas de aviação civil, é exigido um Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) com vistas a administrar os riscos de suas operações e de, conseqüentemente, manter um nível aceitável de desempenho da segurança operacional (ANAC, 2009a, 2009b). Para o sistema aviação civil isso significa, a grosso modo, controlar suas taxas de acidentes (ANAC, 2009a). Com o propósito de mitigar os riscos de segurança operacional, os PPSACs devem desenvolver meios de identificar os perigos das operações. Conforme o Safety Management Manual (SMM) da Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO, 2013) há três métodos para identificar perigos: reativa, proativa e preditiva.

O método reativo se baseia no aprendizado obtido de eventos ocorridos. A identificação dos perigos, portanto, se dá em retrospecto através de investigações de acidentes e incidentes. Uma desvantagem importante dessa abordagem é que o acidente precisa ocorrer para que então se desenvolva aprendizado e melhoria da segurança operacional.

Uma abordagem proativa envolve busca ativa de perigos nos processos existentes nas organizações. Algumas técnicas para executar esse tipo de aproximação são sistemas de reportes, pesquisas e auditorias. Esse método procura por falhas latentes que potencialmente gerariam acidentes, mas que, por alguma barreira do sistema, não são evidentes.

Já o tratamento preditivo de segurança operacional atua na coleta de dados relacionados ao desempenho cotidiano de uma organização. É esperado que se consiga monitorar as margens de segurança operacional e que se identifique possíveis tendências futuras de redução dessas margens. Há programas disponíveis – como LOSA e FDM, que permitiriam tal abordagem preditiva e construção de análises de tendências.

### 1.1 Questão de pesquisa

Para um PPSAC, como em um aeroclube, o problema no emprego de técnicas para evitar acidentes antes que eles efetivamente ocorram está na provável incompatibilidade das tecnologias existentes com a realidade dessas organizações. Programas de análises de dados de voo (i.e. FDM) podem extrapolar os escassos recursos financeiros e humanos que os encarregados da segurança operacional dos PPSACs dispõem. Estima-se que ferramentas de observação direta (i.e. LOSA) são impraticáveis nos voos em aeronaves de baixa performance, uma vez que grande parte dessas não contém assento especial para um observador.

Diante disso, a presente pesquisa sugere um método prospectivo na identificação de perigos nas operações de instrução de um aeroclube, tendo como inspiração o storytelling. O termo storytelling, do inglês significa contar histórias, tem sido utilizado em várias áreas do conhecimento, inclusive em estudos sobre acidentes, incidentes ou sistemas de reportes de falhas sistemáticas (RICKETTS et al., 2010; SANNE, 2008; COX; LOGIO, 2011). Nota-se que esses estudos buscam dar evidência às narrativas elaboradas pelos sujeitos em suas vivências cotidianas com vistas a melhoria de sistemas.

Nesse sentido, esta pesquisa tem como problema central identificar em que medida o storytelling pode ser utilizado na elaboração de uma técnica de identificação de perigos e vulnerabilidades nas operações de um aeroclube. O objetivo é testar a aplicabilidade do storytelling em uma técnica prospectiva para identificar perigos e vulnerabilidades nas operações de um aeroclube.

### 1.2 Justificativa

O setor de transporte aéreo regular conseguiu reduzir significativamente seu índice de acidentes desde os anos 1970. Essa redução se deu com a ajuda de extensos processos de otimização pós-crieses, levando o setor ao patamar de sistemas ultra seguros, nos quais a probabilidade de acidente é menor do que um para cada cem mil decolagens. No entanto, isso torna esses sistemas menos adaptáveis (AMALBERTI, 2001). Possivelmente, por grande parte do aprendizado do setor aeronáutico nas décadas passadas advir de técnicas que utilizam método reativo e por atualmente haver menos acidentes e incidentes, o retorno de conhecimento através das investigações é menor.

A Resolução Nº106 de 30 de junho de 2009 da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) exige a implantação, manutenção e adequação contínua de um SGSO para PPSACs, como operadores aéreos de defesa civil e de segurança pública. São requisitos mínimos de um SGSO a existência de processos para identificação de perigos e gerenciamento de riscos à segurança operacional (ANAC, 2009b)

Dada a parcial inconformidade de algumas ferramentas proativas ou preditivas (i.e., FDM e LOSA) com a realidade dos PPSACs, acredita-se que o método prospectivo com o uso de storytelling possa servir como técnica relativamente simples e barata de identificar perigos e vulnerabilidades das operações.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Acidentes organizacionais

Alguns conceitos de segurança operacional são importantes para o entendimento desta pesquisa. Do inglês safety, segurança operacional é o estado no qual a possibilidade de lesão a pessoas ou danos a propriedade é reduzida para, e mantida em ou abaixo

de, um nível aceitável através de um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento do risco (ICAO, 2013). O risco, segundo a ICAO, é um grau atribuído que associa a probabilidade e a severidade da consequência de um perigo existente. As Tabelas 1 e 2 – traduzidas e adaptadas do SMM (p. 2-28 e 2-29) – classificam respectivamente as escalas de probabilidade e de severidade. Por exemplo, uma análise tal que resulte em risco “3B” associado à perda de controle em solo significa a probabilidade remota dessa consequência, porém se ocorrida sua severidade é considerada crítica.

Probabilidade	Significado	Valor
Frequente	É provável que ocorra muitas vezes.	5
Ocasional	É provável que ocorra algumas vezes.	4
Remoto	Improvável, mas é possível que venha a ocorrer.	3
Improvável	Muito improvável que ocorra.	2
Muito improvável	Quase impossível de ocorrer.	1

**Tabela 1** – Probabilidade do risco.

Severidade	Significado	Valor
Catastrófico	- Destruição dos equipamentos. - Múltiplas mortes.	A
Crítico	- Grande redução das margens de segurança operacional, dano físico ou uma carga de trabalho tal que os operadores não podem desempenhar suas tarefas de forma precisa e completa. - Lesões sérias. - Graves danos aos equipamentos.	B
Significativo	- Redução significativa das margens de segurança operacional, redução da habilidade do operador em responder a condições operacionais adversas como resultado do aumento da carga de trabalho ou como resultado de condições que impedem sua eficiência. - Incidente sério. - Lesões às pessoas.	C
Pequeno	- Interferência. - Limitações operacionais. - Utilização de procedimentos de emergência. - Incidentes menores.	D
Insignificantes	- Consequências leves.	E

**Tabela 2** – Severidade do risco.

Apesar de a erradicação dos acidentes aeronáuticos e/ou incidentes graves ser a aspiração dos sistemas de gerenciamento de segurança, é reconhecido que o sistema aeroviário não pode ser completamente livre de perigos e riscos associados. Sistemas sociotécnicos são sujeitos a erros operacionais e a suas consequências. Logo, a segurança operacional é uma característica dinâmica dos sistemas aeroviários, nos quais o risco deve ser continuamente mitigado (ICAO, 2013).

Acidente nesta pesquisa é entendido como uma ocorrência dentro do contexto da operação em que uma pessoa sofra lesões fatais ou graves; e/ou o equipamento sofra dano ou falha estrutural que afete adversamente a resistência estrutural, o seu desempenho ou suas características e voo, e exija grandes reparos (CENIPA, 2013).

Sistemas altamente seguros, como a aviação, possuem várias barreiras defensivas através de tecnologias e automação, de profissionais especializados ou de controles ou procedimentos administrativos. Porém essas barreiras possuem falhas, que se alinhadas momentaneamente, podem gerar uma oportunidade para um acidente (REASON, 2000).

Essas deficiências são geradas por falhas ativas e condições latentes. As primeiras são erros ou atos inseguros cometidos por pessoas da linha de frente de uma organização e são diretamente influenciados pelas condições do local de trabalho. Tais atos virtualmente possuem histórias causais que remetem ao passado e a níveis superiores de uma organização (REASON, 2000).

As condições latentes são inevitáveis deficiências presentes nos sistemas, gerados por decisões estratégicas dos níveis gerenciais. Elas podem gerar circunstâncias causadoras de erros (e.g. pressão de tempo e inexperiência) e fraquezas nas defesas (e.g. indicadores não confiáveis e procedimentos incoerentes) (REASON, 2000).



Na nova visão (new view) sobre fatores humanos conforme Dekker (2002), erros humanos são reconhecidos como sintomas de problemas mais profundos nos sistemas; e que estes não são inerentemente seguros. O autor interpreta que o erro humano é sistematicamente conectado a características das ferramentas que se utiliza, das tarefas e do ambiente operacional; o progresso em segurança advém do entendimento dessas conexões. As condições latentes são possíveis de serem identificadas e atenuadas antes que um acidente ocorra através de abordagens proativas de gerenciamento de risco (REASON, 2000).

Um desdobramento da teoria do acidente organizacional de Reason (2000) é apresentado pela ICAO (2013) na forma de um diagrama de cinco blocos, conforme Fig. 1. Esse diagrama auxiliou no desenvolvimento e na análise dos casos elaborados nesta pesquisa.



**Figura 1** – O acidente organizacional (tradução e adaptação nossa).

## 2.2 *Storytelling*

Do inglês, o termo storytelling remete à ação de contar histórias. Pesquisas sobre esse fenômeno existem em vários temas como ensino-aprendizagem, prevenção de acidentes e incidentes e em reportes de falhas. Davidson (2004) conduziu um estudo sobre a aplicação do storytelling como uma técnica de ensino em um curso de enfermagem com a proposta de utilizar as experiências e repertórios únicos da diversidade das estudantes para melhorar o ensino didático e clínico. O uso do storytelling serviu como uma maneira de atrair e estimular os estudantes no interesse por uma disciplina, além de que as histórias concederam uma oportunidade de desenvolver o conhecimento acerca de habilidades não técnicas, como o desenvolvimento de competências culturais.

Mitch Ricketts et al. (2010) testaram uma abordagem narrativa na elaboração de mensagens de prevenção de lesões não intencionais comparando com mensagens não narrativas em um cenário controlado e uma universidade americana. O resultado do estudo demonstrou que curtas histórias sobre acidentes passados foram mais efetivas que mensagens equivalentes não narrativas de prevenção.

Johan Sanne (2008) investigou o porquê de sistemas de reportes de incidentes serem pouco utilizados entre técnicos de manutenção de ferrovias na Suécia e atribuiu parte da causalidade à atratividade que o compartilhamento de histórias sobre incidentes tem entre os técnicos. Sanne afirma que, apesar de não explorarem causas de forma mais profunda, a prática informal de storytelling entre os técnicos funcionava como uma maneira de transferir aprendizados sobre incidentes.

Cox e Logio (2011) aplicaram um projeto de reporte através de storytelling no treinamento de médicos residentes. As histórias revelaram falhas sistemáticas que não eram reportadas por outros meios. O projeto revelou que médicos internos residentes se mostraram dispostos a conversar sobre essas falhas quando lhes era dada a oportunidade de relatar histórias de forma anônima, com a garantia de não culpabilidade.

## 2.3 *Considerações para a pesquisa*

Estima-se, portanto, que reunir grupos de pessoas estimulando-os a criar uma história de um futuro possível acidente baseada na vivência do grupo norteador por uma etiologia sistemática revelará falhas latentes conformes com a realidade da organização. A abordagem sistemática da aplicação da técnica proposta – de acordo com a teoria do acidente organizacional de Reason (2000) – se dará a partir da orientação de um moderador. Uma preocupação importante na condução desta pesquisa foi com a garantia de não culpabilidade dos participantes uma vez que sua falta poderia comprometer a aplicação da técnica (COX; LOGIO, 2011).

Adicionalmente, é esperado que um método prospectivo que incorpore o artifício do storytelling para identificar perigos e vulnerabilidades em operações seja, em alguma esfera, mais eficiente que outras ferramentas preventivas já existentes como o sistema de reportes. (RICKETTS et al., 2010; SANNE, 2008; COX; LOGIO, 2011).

### 3 MÉTODO

#### 3.1 Caracterização do estudo

Esta é uma pesquisa classificada como exploratória, de natureza qualitativa, com método base de coleta entrevista semiestruturada em grupo e tratamento dos dados via análise de conteúdo (OLIVEIRA, 2011). A técnica fora aplicada em dois grupos participantes da unidade de análise, gerando-se dois casos.

#### 3.2 Caracterização da unidade de análise

A unidade de análise em que a técnica storytelling foi aplicada nesta pesquisa é um aeroclube que oferece serviços de instrução nos seguintes cursos teóricos e práticos: Piloto de Planador, Piloto Privado de Avião (PPA), Piloto Comercial de Avião (PCA) e Instrutor de Voo de Avião (INVA). A estrutura física do aeroclube é composta por uma pista de pouso, três hangares, sala de aula, biblioteca, secretaria, manutenção própria das aeronaves e alojamentos para alunos e funcionários. No momento da pesquisa, o aeroclube utilizava 17 aeronaves na instrução de voo, possuía sete instrutores de voo de avião, realizava uma média de 15 voos diários de instrução e atendia cerca de 70 alunos.

A escolha desta unidade de análise para a exploração da técnica se dá por se tratar de um PPSAC, comprometido a implantar, a manter e a continuamente adequar seu SGSO à realidade atual da organização (ANAC, 2009b) e por ser uma organização com a qual o pesquisador está familiarizado, o que facilita a aplicação desta pesquisa de caráter exploratório.

#### 3.3 Preparação para pesquisa em campo

O contato inicial com a unidade de análise e a apresentação do projeto inicial da pesquisa se deu por meio de um encontro com o supervisor de instrução do aeroclube. Com sua aprovação, a preparação para a pesquisa iniciou com a seleção de dois grupos, cujo critério era conter três a cinco participantes, para a aplicação da técnica storytelling. O estudo focou na participação de apenas pilotos (alunos e instrutores de avião) uma vez que eles têm convívio direto com as supostas dificuldades da operação de instrução aérea.

O grupo A fora constituído por apenas alunos que tinham uma experiência mínima de 110 horas de voo de instrução no aeroclube, o que seria relativo a cerca de um ano de experiência nesta organização. Foram convidados cinco alunos que estavam realizando as últimas fases práticas do curso de PCA, com treinamento de regras de voo por instrumento (IFR) em aeronaves monomotoras terrestres (MNTE) ou aeronaves multimotoras terrestres (MLTE). Desses, apenas quatro compareceram à coleta de dados (Tabela 3).

Participantes	Idade	Sexo	Horas de voo no Aeroclube	Fase de treinamento
Participante A1	20 anos	Masculino	128h	IFR/MNTE
Participante A2	20 anos	Masculino	120h	IFR/MLTE
Participante A3	20 anos	Masculino	110h	IFR/MLTE
Participante A4	20 anos	Masculino	123h	IFR/MNTE

**Tabela 3** - Participantes do Grupo A.

O grupo B fora constituído por apenas instrutores de voo de avião do aeroclube. Os participantes deste grupo foram reunidos por intermédio de um informante-chave que também participou do grupo B. O número mínimo de participantes solicitado fora de no mínimo três. Cinco instrutores, com experiências variadas, se apresentaram dispostos a participar da coleta (Tabela 4).

Participantes	Idade	Sexo	Horas totais de voo no Aeroclube
Participante B1	26 anos	Masculino	1200h
Participante B2	23 anos	Masculino	800h
Participante B3	29 anos	Masculino	350h
Participante B4	31 anos	Masculino	900h
Participante B5	21 anos	Masculino	400h

**Tabela 4** - Participantes do Grupo B.

#### 3.4 Coleta de dados

As coletas de dados de cada um dos dois grupos ocorreram em duas oportunidades distintas. O encontro com o Grupo A ocorreu em uma sala de aula com mesas e projetor. O encontro com o Grupo B ocorreu em uma sala de reunião com uma mesa central.

Cada uma das duas coletas de dados teve a presença mínima de um moderador e de um apontador. O primeiro teve a função de conduzir as discussões dos grupos e o segundo ficou a cargo de registrar os horários de início de cada momento das coletas de dados e anotações ou reflexões de pontos que julgasse importante para a coleta durante a discussão dos grupos em uma ficha.

A aplicação da técnica com o uso de storytelling ficou dividida em cinco momentos consecutivos.

O Momento 1 contextualiza os participantes dos grupos na pesquisa. Ele tem o propósito de tornar a coleta mais precisa e menos prolongada, alinhando conhecimentos sobre conceitos de segurança operacional, e de responder dúvidas dos participantes.

Na coleta com o Grupo A essa parte ficou a cargo do orientador desta pesquisa com o auxílio de slides e de um projetor. Os participantes desse grupo já haviam sido brevemente introduzidos aos objetivos das coletas no momento do convite à participação da pesquisa.

Após a coleta com o Grupo A, os slides foram modificados para aprofundar a apresentação, uma vez que apenas um dos participantes do Grupo B fora introduzido aos objetivos desta pesquisa. Na coleta com o Grupo B, a introdução foi realizada pelo pesquisador com um auxílio de slides apresentados em um notebook.

Neste momento também foi distribuído aos participantes o termo de consentimento em duas vias para solicitar a autorização de gravar o momento da entrevista do grupo e esclarecer que as identidades dos participantes serão preservadas e as informações fornecidas por eles serão isentas de quaisquer responsabilidades. Uma das vias ficou em posse dos participantes para o caso de eles decidirem romper com o termo de consentimento em qualquer momento da aplicação da pesquisa. O Grupo A aceitou que a entrevista ao final pudesse ser gravada, o Grupo B não.

O primeiro momento na coleta do Grupo A durou 20 minutos. Já com o grupo B esse momento durou 40 minutos.

O Momento 2 iniciou em ambos os casos logo após a apresentação da pesquisa e do termo de consentimento. Nesta etapa, os participantes dos dois grupos foram reunidos em forma de uma elipse junto com o moderador e o apontador (estes em uma das extremidades longas) com a intenção de que todos conseguissem se ver frente a frente, o que pareceu favorável à discussão.

Os participantes foram então submetidos à pergunta central da técnica: “qual será o próximo acidente aeronáutico da sua organização?” O objetivo era definir um caso para ser aprofundado. Eles receberam a primeira folha do roteiro de desenvolvimento do caso (Apêndice A) e um meio para realizar registros: na coleta do Grupo A os participantes escolheram um apontador entre eles e este registrou à mão as respostas finais do Grupo no espaço pautado da folha do roteiro de desenvolvimento do caso; o Grupo B teve a oportunidade de escrever em um documento digital através de um notebook, o que facilitou o trabalho do Grupo e a posterior análise dos registros pelos pesquisadores.

O segundo momento foi planejado para durar 30 minutos e é dividido em duas partes. A primeira parte consistiu em um brainstorm entre os participantes, com duração estimada de até 20 minutos, no qual se esperava que eles apontassem histórias, relatos e dificuldades por eles vivenciados. Na segunda parte, os participantes deveriam construir uma breve história de um possível acidente baseado no alinhamento das ideias apontadas anteriormente.

Pensou-se que o moderador provavelmente teria que agir para fomentar as discussões na primeira parte caso o grupo apresentasse inibição. Nas duas coletas ocorreu que o moderador teve que afunilar as discussões, pois estavam se estendendo por mais de 20 minutos. Em ambos os casos surgiram várias ideias que alavancariam possíveis acidentes para a montagem da história. O moderador solicitou aos participantes a escolha daquela que ofereceria maior grau de risco (em termos de probabilidade e severidade) na visão do grupo. Para os dois grupos, o Momento 2 durou 30 minutos.

Demonstrou-se essencial orientar os participantes para que definissem bem o caso escolhido e registrassem uma breve narrativa do acidente a fim de se estabelecer uma base sólida para aprofundamento do caso, que é o próximo momento.

O Momento 3 se trata de um aprofundamento da história gerada a partir do momento anterior. Os participantes foram fomentados a pensar como investigadores do acidente definido pelo grupo.

Eles receberam a segunda folha do roteiro de desenvolvimento do caso, contendo tópicos baseados nos temas abordados em relatórios de investigação de acidentes aeronáuticos e em análise de acidentes organizacionais (ICAO, 2014; REASON, 2000). As considerações e análises do Grupo A sobre cada tópico foram redigidas em outras folhas, pautadas e sem delimitações. As considerações e análises do Grupo B foram registradas no mesmo documento digital usado no momento anterior, também sem delimitações.

Nesse momento, o moderador apenas assessorou os participantes, respondendo a algumas dúvidas que surgiram e evitando influenciar a opinião dos participantes.

O Momento 3 para o Grupo A durou 45 minutos. Para o Grupo B o terceiro momento durou 1 hora e 55 minutos, e por conta do prolongamento foi decidido juntamente com o grupo não realizar o intervalo previsto entre os Momentos 3 e 4. Essa diferença de duração pode ser explicada primeiramente pelo fato do roteiro de desenvolvimento do caso ter sido ampliado após a coleta do Grupo A e também porque o Grupo B era mais experiente e continha um membro a mais.

Esse momento foi percebido como o mais exaustivo da técnica, uma vez que ocupa maior tempo. O material resultante dessa etapa é semelhante a um pequeno relatório de investigação de acidentes.

No Momento 4, após finalizada a construção do caso, o moderador conduziu uma série de perguntas semiestruturadas (Apêndice B) buscando justificativas para as considerações feitas pelo grupo de participantes.

Este é o momento em que o moderador possui a oportunidade de interagir com o grupo sobre o caso e de lançar seu olhar crítico sobre segurança operacional para extrair dados mais profundos da discussão ou para esclarecer dúvidas sobre a visão dos participantes em relação ao desempenho da segurança operacional da organização analisada e ao caso construído.

O Momento 4 é o único que seria gravado para posterior transcrição. O Grupo A permitiu a gravação. O Grupo B não permitiu a gravação da entrevista.

As perguntas para o Grupo A foram, em sua maioria, estruturadas a partir dos tópicos da segunda parte do roteiro de desenvolvimento do caso e foram realizadas pelo orientador da pesquisa. Apesar de que o enfoque seria na justificativa das considerações do grupo sobre cada tópico, essas perguntas pareceram repetitivas para os participantes do Grupo A.

Para o Grupo B, uma vez que não houve o tempo de intervalo entre os Momentos 3 e 4 para elaborar perguntas específicas, a discussão entre os participantes assim como o desenvolvimento do caso no momento anterior foram bastante completas, o momento da entrevista foi encerrado com menos tempo.

A duração desse momento para o Grupo A foi de 55 minutos. Para o Grupo B, a entrevista durou 40 minutos.

O Momento 5 é a finalização da coleta de dados. Aos participantes foi dada a oportunidade de refletir e avaliar a ferramenta aplicada para posterior melhoria da técnica storytelling. Por fim, seguem os agradecimentos aos participantes, com a entrega do certificado de participação, e o recolhimento dos relatórios elaborados pelos participantes, das anotações do mediador e do apontador, e da gravação.

A aplicação da técnica, no Grupo A, durou 3 horas e 20 minutos, com um intervalo de 30 minutos entre os Momentos 3 e 4 e um debriefing de 20 minutos. Já a aplicação da técnica no Grupo B durou 4 horas.

### 3.5 Tratamento dos dados

Foram coletados os seguintes dados para posterior análise de cada caso: a gravação de voz da entrevista sobre o caso (somente Grupo A), os relatórios elaborados pelos participantes nos Momentos 3 e 4 e os apontamentos do mediador e do apontador.

A gravação da entrevista com o Grupo A foi transcrita e as identidades dos participantes foram codificadas. A transcrição foi submetida a uma categorização baseadas nas perguntas do moderador no Momento 4 do Grupo A, incluindo as respectivas respostas dos participantes, o que gerou um quadro. Nesse quadro, os relatórios e apontamentos complementaram os dados.

A categorização foi sintetizada pelo pesquisador e informações que seriam desconexas com caso proposto foram retiradas (ex. perigos que não poderiam se justificar como fatores contribuintes para o caso). Também foram retiradas informações que poderiam comprometer o sigilo da identidade da organização e dos participantes desta pesquisa. Tendo elaborado um quadro de síntese, o pesquisador gerou o resultado da análise do caso do Grupo A: uma história do acidente, sua análise organizacional e sugestões de recomendações de segurança.

O tamanho da história ficou limitada ao máximo de 400 palavras para que ela fosse breve para quem a lê e possível de dispô-la em uma página. A narrativa contém uma sequência de eventos que levou ao acidente, uma descrição dos agentes envolvidos e a contextualização das condições latentes e do local de trabalho que contribuíram para o acidente. A análise organizacional do acidente contém as categorias falhas ativas, condições do local de trabalho, defesas, condições latentes e processos organizacionais (REASON, 2000) obtidas da síntese do caso. As sugestões de recomendações de segurança também foram dispostas em tópicos, advindos do quadro da síntese do caso.

A análise dos dados do Grupo B e a formação do quadro de síntese foram conduzidas tomando como referência uma categorização revisada após a aplicação da técnica com o Grupo A. Não houveram dados de gravação do Momento 4 do Grupo B; essa diferença não foi um problema uma vez que o relatório elaborado pelos participantes do Grupo B no Momento 3 (mais aprofundado que o do Grupo A por conta da modificação do roteiro de desenvolvimento do caso e do tempo gasto para desenvolvê-lo) e os apontamentos foram suficientes para gerar o resultado do Grupo B.

O resultado foi enviado aos participantes do grupo para verificar se ele reflete a visão dos participantes e adaptações só necessitaram ocorrer na história do Grupo B.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 História do Grupo A

“Um avião monomotor ingressou na pista ativa de um aeródromo sem estabelecer contato visual com um planador que vinha na aproximação final. As duas aeronaves se chocaram enquanto o monomotor iniciava a corrida de decolagem. A colisão resultou em danos moderados às duas aeronaves e lesões graves a dois dos três envolvidos. O evento ocorrera em um sábado de manhã ensolarado, situação na qual o circuito de tráfego do aeródromo em questão apresentava grande movimento de aeronaves de baixa performance. A bordo do planador estavam um instrutor e um aluno. O aluno estava em treinamento inicial de voo, realizando suas primeiras aproximações com assistência do instrutor. Este relatou que encontrou dificuldade de reportar sua posição no circuito porque a fonia estava bastante congestionada (por vezes apresentava sobreposição entre transmissões) e decidiu por focar na instrução do aluno. No comando do monomotor estava um piloto-aluno com intenções de realizar seu

primeiro voo solo. Ele havia treinado com sucesso alguns procedimentos de pousos e arremetidas momentos antes de ser surpreendido com a liberação para realizar um circuito de tráfego solo. O piloto-aluno relatou estar nervoso e inseguro por ser seu primeiro voo solo e pela quantidade de aeronaves no circuito (foi a primeira vez que testemunhou a operação de planadores). Ele também reportou alto nível de ruído na recepção do rádio do monomotor. Após o cheque dos motores do monomotor, o piloto-aluno julgou que o setor de aproximação final estava livre e iniciou o alinhamento na pista em uso reportando esta intenção e relatou não ter escutado comunicação de planador iniciando aproximação. Já os pilotos a bordo do planador não se recordam de terem escutado a transmissão do monomotor e só perceberam o tráfego conflitante quando já muito próximos da colisão, enquanto o monomotor iniciava a corrida de decolagem. Houve hesitação do aluno do planador de transferir os comandos para o instrutor; que tentou realizar uma manobra de evasão, porém sem sucesso. Os pilotos a bordo do planador sofreram ferimentos graves e o piloto-aluno do monomotor sofreu danos leves. Testemunhas apontam que essas consequências possivelmente foram agravadas em função da demora da resposta a uma emergência médica.”

#### 4.2 Análise da história do Grupo A

- a) **Falhas ativas:** o instrutor do planador não realizou comunicação via fonia de sua aproximação, priorizando instrução sobre a notificação de sua posição. O aluno solo não percebeu o planador em aproximação final.
- b) **Falhas ou ausências de defesas:** comunicação ineficaz.
- c) Condições do local de trabalho: fonia congestionada. Rádio da aeronave envolvida apresentava ruído.
- d) **Condições latentes:** as manobras do planador — em especial a aproximação — são desconhecidas pela maioria dos alunos de avião. Pouca coordenação entre as operações de avião e de planador principalmente devido a isolamento físico. As operações de planador não são frequentes.
- e) **Processos organizacionais:** permissão de voos de planador e de voo solo de aluno em situações de circuito de tráfego congestionado com vistas a aumentar a eficiência das operações. Padronização deficiente das comunicações via fonia da operação de planadores. Os departamentos dos setores de operação/treinamento de planador e de avião são isolados, dificultando coordenação entre essas duas partes.
- f) **Sugestões de recomendações de segurança operacional:** reparar os equipamentos de rádio de aviões que apresentam ruídos nas comunicações. Não permitir que planador voe sem rádio a bordo. Revisar obstáculos próximos às cabeceiras que podem atrapalhar o campo de visão das aeronaves em solo. Não permitir voo solo de aluno do curso de PPA e voo de planador ao mesmo tempo. Revisar padronização da coordenação de rádio de planadores com os instrutores de planador. Promover aulas conjuntas com alunos do curso de avião e do curso de planador para apresentar as diferenças de operação entre os dois tipos de equipamento no circuito de tráfego, os riscos de colisão e padronização conquanto a manobras para evitar conflitos de trajetórias. Criar procedimentos para evitar proximidade perigosa entre planadores e aviões no circuito de tráfego.

#### 4.3 História do Grupo B

“Um bimotor que estava ingressando no circuito de tráfego de um aeródromo colidiu lateralmente com outra aeronave que realizava treinamento de aproximações na mesma localidade. O caso ocorreu por volta das 17h de um sábado quando o circuito de tráfego estava bastante congestionado, com operação de planador, e o vento acabara de alterar a pista favorecida para pouso. Na outra aeronave, um monomotor, estavam a bordo um instrutor e um aluno que se preparavam para treinar uma aproximação tipo 180° na vertical do aeródromo, prevista para a missão do dia. O instrutor tinha relativa pouca experiência na instrução e o aluno estava na fase de treinamento de aproximações do curso de piloto privado de avião. No decorrer do voo, essa aeronave que já demonstrava histórico de falhas no equipamento de rádio parou de comunicar. O instrutor não havia recebido treinamento para esse tipo de situação em sua formação. O operador de rádio do aeródromo, conforme procedimento informal, efetuou algumas notificações de posição para o monomotor sem rádio; porém, em seguida, abandonou seu posto para realizar hangaragem de aeronaves. O bimotor chegava de navegação e continha a bordo dois pilotos, um instrutor relativamente experiente e um aluno em fase final de treinamento em aeronaves multimotoras. Testemunhas relataram que o instrutor envolvido neste evento realizara voo noturno no dia anterior e estava escalado para outro voo noturno no mesmo dia do acidente, o que aponta indícios de fadiga. Há relatos de que nesse dia ele teria deixado de almoçar para dar conta da escala de voos. É possível que os pilotos do bimotor não tivessem ciência que havia uma aeronave operando sem rádio. Logo após o bimotor ingressar no circuito pela perna contra o vento e prestes a girar para a perna de través um planador que estava em operação reportou o início do seu procedimento de aproximação. Os pilotos das duas aeronaves envolvidas provavelmente desviaram suas atenções para o planador e não tiveram a oportunidade de reconhecer suas trajetórias conflitantes. As aeronaves se chocaram no ar ocasionando perda total e morte dos quatro tripulantes. Houve demora na chegada de resgate ao local da queda parcialmente devido ao desconhecimento do plano de resposta a emergência pelos indivíduos presentes no aeródromo no momento do acidente.”

#### 4.4 Análise da história do Grupo B

- a) **Falhas ativas:** o instrutor iniciou o voo ciente de suas condições fisiológicas degradadas. A aeronave sem rádio não teve posição notificada. Falha dos pilotos das aeronaves em tomarem ciência dos tráfegos conflitantes.
- b) **Falhas ou ausências de defesas:** não há publicação interna tratando sobre operação de aeronave sem rádio.

- c) **Condições do local de trabalho:** a escala de voos afetou negativamente a performance do instrutor do bimotor.
- d) **Condições latentes:** as trajetórias dos diferentes procedimentos das duas aeronaves envolvidas são conflitantes. Operador de rádio extraoficialmente notifica as posições da aeronave sem rádio. As duas aeronaves envolvidas já apresentavam histórico de problemas de comunicação. Reportes de manutenção de aeronaves evitados para não impedir operação.
- e) **Processos organizacionais:** ao operador de rádio é atribuído funções extraoficiais conflitantes (notificação de posição de aeronave sem rádio e hangaragem). Supervisão ineficaz da manutenção dos equipamentos rádio das aeronaves. Comunicação interna precária: pilotos desencorajados a reportar problemas recorrentes de equipamentos. Inexistência de filosofia e de procedimentos publicados conquanto a operação de aeronaves sem rádio. Pressão do empregador por resultados (pilotos desencorajados a cancelar voos).
- f) **Sugestões de recomendações de segurança operacional:** reparar rádios das aeronaves. Redistribuição da escala de voos de modo mais equilibrado, com atenção a horários noturnos, para evitar fadiga dos operadores. Restrição da operação de planadores em momentos de operação intensa no circuito de tráfego. Alocar recursos para manutenção. Avaliar resultado dos reparos. Definir política de operação de aeronaves sem rádio. Permitir participação dos funcionários na criação e modificação dos procedimentos operacionais. Facilitar processos comunicativos internos que busquem explicações e soluções, ao invés de culpados. Construir e divulgar um plano de resposta à emergência, planejado em conjunto com os bombeiros próximos; tornar a unidade móvel de incêndio operacional e prover treinamento aos funcionários; criar lista de telefones úteis.

## 5 CHEQUE DE COERÊNCIA

Após a elaboração dos dois casos, eles foram apresentados a outros membros da organização de forma que alunos apreciassem a história dos instrutores e vice-versa. O objetivo do cheque de coerência é verificar se os casos elaborados pelos grupos fazem sentido para o contexto das operações do aeroclube. Os participantes desta fase também tiveram a oportunidade de avaliar subjetivamente a probabilidade e a severidade desses casos conforme Tabelas 1 e 2, atribuindo um grau de risco. O roteiro dessa etapa da pesquisa está disposto no Apêndice C.

Inclusive neste processo, a manutenção do sigilo dos participantes dos grupos das coletas de dados foi levada em conta. A importância disso se justifica pela preocupação dos participantes dessa parcialmente pequena organização (principalmente os que são dela empregados), fato também observado por Cox e Logio (2011). A solução adotada foi fazer o cheque de coerência de maneira individual, levando a história oriunda da organização com mais outras quatro histórias alheias.

Dois instrutores apreciaram a História 1 (história do Grupo A); ambos haviam participado do Grupo B. Quatro alunos do aeroclube apreciaram a História 2 (história do Grupo B); dois deles não haviam participado da aplicação da técnica. Todos os seis participantes do cheque de coerência apreciaram as Histórias 3, 4, 5 e 6. As duas primeiras advieram da aplicação da técnica storytelling em outro aeroclube da mesma região; as duas últimas foram elaboradas pelo pesquisador a partir de casos reais de acidentes aéreos envolvendo aviões de aeroclubes brasileiros ocorridos no ano de 2015 (CENIPA, 2015, 2016).

A ordem aleatoriamente escolhida para a apreciação das histórias foi História 3, História 5, história oriunda da organização, História 4 e História 6. As respostas dos participantes dos cheques de coerência foram gravadas e também registradas em apontamentos pelo pesquisador. Os cheques de coerência, nos quais cada participante apreciou cinco casos, demoraram uma média de 45 minutos.

As avaliações de risco das histórias julgadas como coerentes estão dispostas na Tabela 5.

História (origem)	História 1 (Grupo A)	História 2 (Grupo B)	História 3 (Outro aeroclube)	História 4 (Outro aeroclube)	História 5 (Caso real)	História 6 (Caso real)
Aluno 1	-	Coerente 2A	Não coerente	Coerente 3B	Coerente 3C	Coerente 3D
Aluno 2	-	Coerente 3A	Não coerente	Não coerente	Não coerente	Não coerente
Aluno 3	-	Coerente 4A	Não coerente	Não coerente	Não coerente	Não coerente
Aluno 4	-	Coerente 5A	Não coerente	Coerente 1B	Coerente 2D	Não coerente
Instrutor 1	Coerente 2B	-	Não coerente	Não coerente	Não coerente	Coerente 3B
Instrutor 2	Coerente 2B	-	Não coerente	Coerente 3A	Coerente 2B	Não coerente

**Tabela 5** - Avaliação do Risco.

As respostas qualitativas dos participantes foram separadas por história e distribuídas em três categorias: (a) fatores coerentes com a organização, (b) fatores não coerentes com a organização e (c) comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança.

### 5.1 Coerência da História 1

- a) A História 1, gerada pelo Grupo A, foi julgada como coerente para a organização pelos dois instrutores que a apreciaram.
- b) **Fatores apontados como coerentes com a organização:** Circuito de tráfego congestionado em alta temporada. Rádios operando com ruído ou inoperantes. Instrutor muito focado na instrução pode deixar de reportar posição via rádio. Muitos alunos desconhecem a operação do planador.
- c) **Fatores apontados como não coerentes com a organização:** Instrutores levariam em consideração o número de aeronaves no circuito para liberar um aluno de curso de PP para voo solo.
- d) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Consideradas adequadas em sua maioria. Um participante afirma que as aulas conjuntas entre alunos de avião e alunos de planador são pouco viáveis; seria recomendado revisar a padronização de fonia dos planadores com os alunos de avião de forma individual. Ele discorda da sugestão de restringir voos solo de aluno do curso de PPA com planador operando simultaneamente.

### 5.2 Coerência da História 2

A História 2, gerada pelo Grupo B, foi julgada como coerente para a organização pelos quatro alunos que a apreciaram.

- a) **Fatores apontados como coerentes com a organização:** Há relatos de fadiga de instrutores por causa da escala de voos, principalmente quando envolve voos noturnos. Os instrutores têm dificuldade de almoçar por causa da escala. É comum aeronaves voarem com rádio inoperante. Por vezes, o operador de rádio reporta a posição da aeronave sem rádio e ele ocasionalmente abandona seu posto para realizar outras atividades. Pressão do empregador por resultados.
- b) **Fatores apontados como não coerentes com a organização:** Nenhum.
- c) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Consideradas adequadas, entretanto dois participantes consideraram desnecessário restringir a operação de planadores caso os rádios estejam funcionando corretamente. Um dos outros participantes acredita que a equipe de manutenção deveria ser maior e mais independente da chefia e que reportes de equipamentos devem ser incentivados. Outro participante sugeriu proibir a operação de instrução com aeronave sem rádio em boas condições de operação.

### 5.3 Coerência da História 3

A História 3, gerada a partir da aplicação da técnica em outra organização, foi a única julgada como incoerente por todos os participantes do cheque de coerência. O caso retrata uma aeronave monomotora em voo de instrução em rota a baixa altura que sofreu uma pane de motor e realizou pouso forçado.

- a) **Fatores apontados como coerentes com a organização:** É comum que um aluno inexperiente do curso de PPA não esteja atento a parâmetros de motor durante o voo.
- b) **Fatores apontados como não coerentes com a organização:** No cheque de pré decolagem, quando há parâmetros de motor que variam mais que o SOP permite, o voo não ocorre e nenhum participantes escutou relatos de que isso já ocorreu na organização. Planejamento de voo em rota em cima da hora não ocorre. A mudança de destino logo antes do voo em rota é rara; nesses casos, o instrutor cancela o voo e auxilia o aluno a planejar outra navegação.
- c) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Não houve revisão.

### 5.4 Coerência da História 4

A História 4, gerada também a partir da aplicação da técnica em outra organização, foi julgada como coerente por metade dos participantes. Este caso ilustrava uma aeronave de instrução em voo visual noturno sobre região montanhosa que viria a sofrer uma pane de motor.

- a) **Fatores apontados como coerentes com a organização:** Há relatos de fadiga dos instrutores. Um participante relatou que já houve voos noturnos do curso de Piloto Privado em região serrana. Os briefings para voos noturnos não são adequados. Geralmente, os alunos de PPA não estão familiarizados com a aeronave mais complexa em que fazem os voos noturnos.
- b) **Fatores apontados como não coerentes com a organização:** Voos noturnos do curso de PPA não são frequentes em região serrana. Procedimentos pós acidente não são ensinados para os instrutores. Os instrutores não são pressionados a continuar o voo caso no cheque de pré decolagem se perceba parâmetros de motor abaixo dos mínimos do SOP.

- c) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Consideradas adequadas em partes. Os participantes não sugeririam a exclusão do treinamento noturno no curso de PPA. A divisão do treinamento noturno do curso de PPA foi sugerida de modo que ocorram no máximo dois voos de 1,5h. Foi recomendado desenvolver a escala de voos considerando a fadiga do instrutor em voo noturno e horários para refeição. Em adicional, evitar-se-iam voos em região serrana.

### 5.5 Coerência da História 5

A História 5, criada pelo pesquisador a partir de um acidente real (CENIPA, 2015), foi julgada como coerente por metade dos participantes. Esta história relata um voo de instrução que se iniciou em condições meteorológicas adversas. Com a piora das condições, os tripulantes decidiram realizar pouso forçado fora de aeródromo em campo irregular enquanto ainda possuíam contato visual com o solo.

- a) **Fatores apontados como coerentes com a organização:** É comum consultar apenas uma fonte de informações meteorológicas para um voo local, sem que se verifique as condições meteorológicas em localidades nas redondezas. Há domingos ou feriados em que o gerente (que auxiliaria em decisões que envolvem condições meteorológicas marginais) não está presente no aeroclube; durante a ausência dele já houveram decolagens em condições meteorológicas marginais.
- b) **Fatores apontados como não coerentes com a organização:** Quando se decola em condições meteorológicas próximas das marginais, os pilotos retornam assim que comprovam não ser possível continuar o voo em condições visuais. O gerente que auxilia nas decisões as quais envolvem fatores meteorológicos está presente em praticamente toda a semana; ele aplica uma relativa boa margem de segurança para essas questões.
- c) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Adequadas. Um participante sugeriu notificar o aluno antes de ele se dirigir ao aeroclube se as condições meteorológicas no aeroclube já estão desfavoráveis aos voos. Adicionalmente, outro participante sugere investimento em equipamentos para medição de condições meteorológicas e em um profissional de meteorologia para oferecer essas informações ao aeroclube.

### 5.6 Coerência da História 6

A História 6, também criada pelo pesquisador a partir de um acidente real (CENIPA, 2016), foi julgada como coerente por dois dos seis participantes do cheque de coerência. Esta história narra um voo solo de aluno de um curso de PPA em que o avião, no momento do pouso, tocou a pista e retornou ao voo com um despegue não planejado que foi sucedido por um choque brusco contra o solo, danificando a aeronave. Um dos participantes chegou a presumir que esta seria uma das histórias relatadas por alguém da organização.

- a) **Fatores coerentes com a organização:** Para realizar seu primeiro voo solo, frequentemente os alunos do curso de PPA são liberados pelo instrutor no meio de um voo, com o avião acionado e não conforme o manual de curso de PPA. Já houve casos de alunos que atravessam todo o treinamento com muitas dificuldades sem ter a consciência dos riscos de suas deficiências; os instrutores não são incentivados pelos seus superiores a advertir os alunos para esses riscos porque há o receio de isso denigrir a imagem da escola perante os alunos.
- b) **Fatores não coerentes com a organização:** Quando o aluno é reprovado em uma missão ele não voa no mesmo dia conforme ocorreu na História 6. Os instrutores reconhecem quando o aluno está se sentindo inseguro para voar solo. Para o voo solo ocorrer, a pilotagem tem que ser apreciada positivamente por mais de um instrutor.
- c) **Comentários sobre as sugestões de recomendações de segurança:** Adequadas.

## 6 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta pesquisa exploratória foi elaborada uma técnica prospectiva que incorpora o storytelling para identificar perigos e vulnerabilidades nas operações de um aeroclube. Como resultado da aplicação da técnica, obtivemos dois casos fictícios de acidentes. Ambos os casos foram avaliados como coerentes para a realidade das operações do aeroclube por todos os participantes que os apreciaram. Isso é um indicativo de que a ferramenta elaborada tem potencial para identificar perigos e vulnerabilidades específicos das operações de uma organização.

Os dois casos que emergiram apontam alguns perigos em comum como circuito de tráfego congestionado e rádios com mal funcionamento. É interessante notar que o caso gerado pelo Grupo B não teve fatores apontados como incoerentes por nenhum dos participantes que o apreciaram. Inclusive, a avaliação da probabilidade desse evento foi relativamente elevada quando em comparação com os outros casos (conforme apresentado na Tabela 5 foi o único caso que atingiu valores maiores que “3 – probabilidade remota”). Isso denota a sensibilidade que os participantes do Grupo B têm com relação aos perigos e vulnerabilidades que eles parecem enfrentar no cotidiano das operações do aeroclube.



Excetuando-se o caso da História 3, os outros casos gerados fora da organização foram julgados como coerentes por alguns dos participantes. Parte dos perigos e vulnerabilidades apontadas por esses casos foram reconhecidos como presentes nas operações do aeroclube.

De toda maneira, todos os perigos e vulnerabilidades reconhecidos pelos participantes desta pesquisa são plausíveis de serem verificados pelo setor de segurança operacional do aeroclube para confirmá-los ou não. As sugestões de recomendações de segurança também podem ser absorvidas, sob responsabilidade da própria organização. Esta também pode estudar a possibilidade de utilizar as histórias como recurso didático para treinamento.

Não houve indícios de quebra de sigilo de informações sobre os participantes. O que era intencionado dados os procedimentos adotados no decorrer desta pesquisa. Essa preocupação parcialmente contribuiu para o envolvimento dos participantes desta pesquisa, conforme também observado por Cox e Logio (2011). As entrevistas de forma individual no cheque de coerência também foram favoráveis para que os participantes manifestassem sua própria percepção da organização.

Foi de considerável importância determinar o caso no Momento 2 para que os perigos e vulnerabilidades da operação apontados pelos participantes fizessem sentido para este caso específico e, como estimado, para a realidade da operação da organização. Essa estratégia demonstrou ser válida para evitar que o grupo elabore conclusões genéricas ou de senso comum ao construir a análise.

Como limitação da técnica, percebe-se ser de natureza essencial que os moderadores sejam relativamente bem familiarizados com o tipo de operação que a organização realiza. Provavelmente, este estudo não atingiria seu objetivo caso fosse aplicado em uma operação desconhecida pelo pesquisador. Complementarmente, um nível razoável de experiência em análise de acidentes e sobre acidentes organizacionais (REASON, 2000) aparenta ser importante para a condução da técnica.

Por se tratar de um estudo exploratório, propõe-se para próximos testes futuros incluir os níveis gerenciais da organização na pesquisa e aplicar a técnica em outras instituições aeronáuticas. As hipóteses são que os gerentes enriqueceriam as discussões e que seria possível obter resultados coerentes em empresas aeronáuticas de tamanhos e tipos de operação variados. Adicionalmente, espera-se que a técnica possa ser adaptada para ser aplicável em outras áreas além da aviação.

## AGRADECIMENTOS

Os autores desta pesquisa agradecem o suporte dos colegas do Grupo de Pesquisa em Tomada de Decisão (PUCRS), em especial a Carlos Adriano Mano Teixeira, Felipe Lando, Francisco Schuster e Lucas Fogaça pelo apoio nas fases iniciais de coleta de dados e de revisão da pesquisa. Os autores também são gratos ao aeroclube e aos participantes pela disponibilidade e pelo empenho em participar da pesquisa. Agradecemos também à Grazielle Schweig as sugestões realizadas durante a redação final deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Programa de Segurança Operacional Específico da Agência Nacional de Aviação Civil**. Brasília, 2009.
- AMALBERTI, René. **The paradoxes of almost totally safe transportation systems**: Safety science, v. 37, n. 2, p. 109-126, 2001.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Instrução Suplementar (IS) 119-002D**: Guia para elaboração de SGSO de empresa aérea certificada de acordo com o RBAC 119. Brasília, 2012, p. 55-56.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Resolução nº 106**: Aprova sistema de gerenciamento de segurança operacional para os pequenos provedores de serviço da aviação civil: Brasília, 2009.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica (NSCA) 3-13**: Protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro: Brasília, 2013.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Relatório Final Simplificado (SUMA) A-055/CENIPA/2015/PP-GAA**: Brasília, 2015. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/53225/PPGAA>>. Acesso em: 29 set. 2016.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Relatório Final Simplificado (SUMA) A-106/CENIPA/2015/PP-GUU**: Brasília, 2016. Disponível em: <<http://prevencao.potter.net.br/detalhe/53377/PPGUU>>. Acesso em: 29 set. 2016.
- CIVIL AVIATION AUTHORITY (CAA). **Flight Data Monitoring**: Gatwick, v. CAP 739, 2003.
- COX, L. M.; LOGIO, L. S. **Patient safety stories: a project utilizing narratives in resident training**. Academic Medicine, v. 86, n. 11, p. 1473-1478, 2011.
- DAVIDSON, M. R. **A phenomenological evaluation**: Using storytelling as a primary teaching method. Nurse Education in Practice, v. 4, n. 3, p. 184-189, 2004.
- DEKKER, S. W. A. **Reconstructing human contributions to accidents**: the new view on error and performance. Journal of Safety Research, v. 33, n. 3, p. 371-385, 2002.

- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Advisory Circular AC No. 120-90**. Line Operations Safety Audits: Washington, n. Appendix 1, 2006.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9756**: Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation: Part IV - Reporting. 2<sup>a</sup>. ed. Montreal: Canadá, 2014.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9859**: Safety Management Manual (SMM). 3<sup>a</sup> ed. Montreal: Canadá, 2013. ISBN 978-92-9249-214-4.
- OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão: UFG, 2011.
- REASON, J. **Human error**: models and management: *Bmj*, v. 320, n. March, p. 768–770, 2000.
- RICKETTS, M. et al. **Using stories to battle unintentional injuries**: Narratives in safety and health communication. *Social Science & Medicine*, v. 70, n. 9, p. 1441-1449, 2010.
- SANNE, J. M. **Incident reporting or storytelling? Competing schemes in a safety-critical and hazardous work setting**. *Safety Science*, v. 46, n. 8, p. 1205-1222, 2008...

---

# Estudo da Ocorrência de Cisalhamento do Vento no Aeroporto Internacional de São Paulo

Davi Pinto Ribeiro<sup>1</sup>, Gilberto Fernando Fisch<sup>2</sup>, João Bosco Verçosa Leal Junior<sup>3</sup>, Elizabeth Diane de Jesus Reuter Sokabe<sup>4</sup>

1 Mestrando em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA (2018), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR - 2017), MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV - 2013) e Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Ceará (UFC - 2010), com experiência em Desenvolvimento de Produto, na área de Engenharia de Integração de Atributos e Certificação.

2 Doutorado em Meteorologia (INPE-1995), Mestrado em Meteorologia (USP - 1986) e Graduação em Meteorologia (USP - 1981). Pesquisador Titular do IAE/DCTA desde 1986, possui experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Aeroespacial. Professor dos Cursos de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Espacial do ITA, de Meteorologia do INPE e de Ciências Ambientais da UNITAU. Já orientou mais de 25 alunos de Mestrado e 10 alunos de Doutorado ao longo de sua carreira. Publicou mais de 120 artigos técnico-científicos em revistas especializadas de Meteorologia. Participou de Comitês de Avaliação do CNPq, FAPESP e CAPES.

3 Bacharelado em Física Geral e Fundamental pela Universidade Federal do Ceará (1994), Mestrado em Física pela Universidade Federal do Ceará (1998) e Doutorado em Física pela Universidade Federal do Ceará (2003). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual do Ceará (UECE). Tem experiência nas áreas de Física e Geociências, com ênfase em Física da Atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem numérica da atmosfera, micrometeorologia, microfísica de nuvens, climatologia e física estatística. Desenvolve pesquisas envolvendo ventos locais, como o vento Aracati, e suas aplicações, como geração de energia eólica, poluição e qualidade do ar.

4 Graduação em Meteorologia pela Universidade Federal do Pará (1999), mestrado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2002) e doutorado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2013). Trabalha no Centro Meteorológico de Aeródromo do Aeroporto Internacional de São Paulo (2002 - atual), no setor de qualidade operacional na Coordenação de Meteorologia Aeronáutica (fev/2015 até dez/2016). Tem interesse em pesquisas sobre Meteorologia Aeronáutica e Aeroespacial (Meteorologia Aplicada) e em estudos de Circulações de Micro e Mesoescala com enfoque na Camada Limite Planetária, além de Meteorologia Geral e Meteorologia Física.

---

**RESUMO:** Os fenômenos meteorológicos têm uma grande influência em acidentes aeronáuticos no mundo. Apesar de não ser possível evitar a ocorrência destes eventos naturais, diversos estudos tentam desenvolver modelos numéricos computacionais para prevê-los e, desta forma, fazer com que as operações aeronáuticas, principalmente de pouso e decolagem, sejam mais seguras. No caso específico do vento (o cisalhamento de vento, também conhecido como tesoura de vento ou Windshear), é um fenômeno crucial no procedimento de pouso de uma aeronave. Segundo dados oficiais, ocorreram pelo menos 90 acidentes entre 1943 e 2015 associados aos cisalhamentos de ventos, com 1.736 fatalidades; porém estes fenômenos meteorológicos só foram verificados como fatores determinantes para acidentes aeronáuticos a partir de exame detalhado dos gravadores de dados do Boeing 727 da Eastern Airlines, voo 66, que caiu a poucos metros da cabeceira 22L do Aeroporto JFK em Nova York. A partir deste acontecimento, a comunidade aeronáutica iniciou estudos, pesquisas e treinamentos, a fim de compreender estes fenômenos e alertar pilotos e controladores quanto aos seus riscos associados. Este trabalho visa abordar conceitos e efeitos do cisalhamento e/ou tesouras de vento (Windshear) sobre as aeronaves e identificar, através de estudos qualitativos e quantitativos, a ocorrência de tais eventos nas proximidades do Aeroporto Internacional de Guarulhos, utilizando-se de dados de perfil de vento obtidos pelos instrumentos meteorológicos SODAR (SONic Detection And Ranging), em intervalos de 15 min, durante o período de 1 de janeiro a 31 de maio de 2016. Foram utilizados dados de velocidade e direção do vento da superfície até 2000 ft acima do solo e, com isso, foi feita uma estatística destas informações e associações destes eventos. De um total de 239.750 perfis de vento obtidos neste período (verão), obtiveram-se 125.072 casos (52,17%) de Windshear leve (0-4kt/100ft), 256 casos (0,11%) de Windshear moderado (5-8kt/100ft), 14 casos (0,01%) de Windshear severo (9-12 kt/100ft) e 6 casos (0,003%) de Windshear extremo (maior que 12 kt/100ft).

**Palavras Chave:** Fenômenos Meteorológicos. Tesoura de Vento. Windshear.

## Study of the Occurrence of Windshear at the Sao Paulo International Airport

**ABSTRACT:** The meteorological phenomena have a great influence in aeronautical accidents in the world. Although it is not possible to avoid the occurrence of these natural events, several studies try to develop computational numerical models to predict them and, in this way, to make aeronautical operations, especially landing and take-off, safer. In the specific case of wind (wind shear), is a crucial phenomenon in the landing procedure of an aircraft. According to official data, there were at least 90 accidents between 1943 and 2015 associated with wind shear, with 1,736 fatalities; but these meteorological phenomena were only verified as determining factors for aeronautical accidents from a detailed examination of the data recorders of the Eastern Airlines Boeing 727, Flight 66, which fell a few meters from the 22L threshold of JFK Airport in New York. From this event, the aeronautical community began studies, research and training in order to understand these phenomena and alert pilots and controllers to their associated risks. This work aims to approach concepts and effects of wind shear on aircraft and to identify, through qualitative and quantitative studies, the occurrence of such events in the vicinity of the Sao Paulo International Airport (Guarulhos), using data from the SODAR (SONic Detection And Ranging) meteorological instruments at 15 min intervals during the period from

January 1 to May 31, 2016. Data related to wind speed and direction from the surface up to 2000 ft above the ground were analyzed and, as a result, a statistic was made of this information and associations of these events. From a total of 239,750 wind profiles obtained in this period (summer), we obtained 125,072 cases (52.17%) of mild Windshear (0-4kt / 100ft), 256 cases (0,11%) of moderate Windshear -8kt / 100ft), 14 cases (0.01%) of severe Windshear (9-12kt / 100ft) and 6 cases (0.003%) of extreme Windshear (greater than 12kt / 100ft).

**Key words:** Meteorological Phenomena. Windshear.

**Citação:** Ribeiro, DP, Fisch, GF, Junior, JBVL, Sokabe, EDJR. (2017) Estudo da Ocorrência de Cisalhamento do Vento no Aeroporto Internacional de São Paulo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 54-65.

## 1 INTRODUÇÃO

Voar sob condições meteorológicas favoráveis é sempre desejado por todos os pilotos e passageiros, pois além do conforto de voar em “céus de brigadeiro”, os riscos de acidentes diminuem bastante, tornando esta atividade bem mais segura. Na prática, porém, não é todo dia que se têm estas condições.

Diversos fatores meteorológicos cercam a aviação e trazem desafios diários aos pilotos quanto a evitarem as forças da natureza, principalmente aquelas advindas de tempestades – chuvas, granizos, raios e Microbursts, que causam as temidas tesouras de vento, mais conhecidas pelo termo em inglês Windshear.

Estes eventos representam grande perigo para a operação de aeronaves, principalmente a baixas altitudes e na aproximação final, fase do voo onde há pouca margem para correção de descidas ou subidas bruscas causadas por eventos inesperados.

Este artigo aborda conceitos e efeitos das tesouras de vento sobre as aeronaves, mostrando também alguns dos equipamentos utilizados atualmente para detectá-las, além de um estudo de ocorrências de Windshear no Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos), no período entre 1 de janeiro e 31 de maio de 2016. Foram utilizados dados de velocidade e direção do vento da superfície até 2000 ft acima do solo e, com isso, foi feita uma estatística destas informações e associações destes eventos. Para efeito comparativo, estes dados obtidos foram comparados aos relatórios meteorológicos do aeródromo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 DEFINIÇÕES

#### 2.1.1 Windshear

Segundo o DECEA (2014), o termo

[...]Windshear, também denominado cortante do vento, tesoura de vento, gradiente de vento ou cisalhamento do vento, é uma mudança na velocidade do vento e/ou direção em uma distância curta, que pode ocorrer tanto horizontalmente como verticalmente e é geralmente associado a grandes inversões de temperatura ou gradientes de densidades[...].

O DECEA (2014) classifica estas ocorrências de acordo com a intensidade, nos valores abaixo, quanto ao cisalhamento vertical:

- Leve: 0 a 4kt/100ft
- Moderada: 5 a 8kt/100ft
- Severa: 9 a 12kt/100ft
- Extrema: > 12kt/100ft

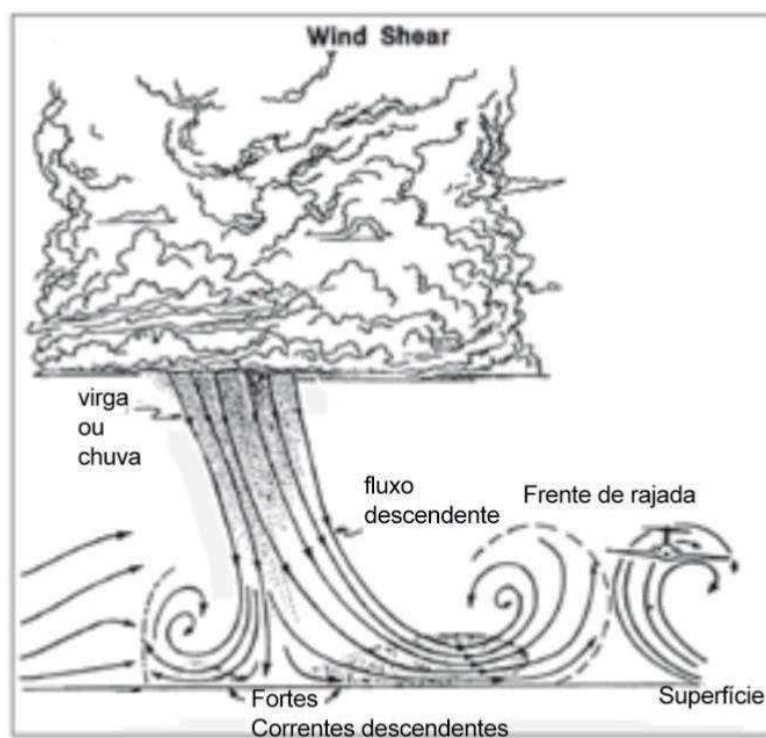
Segundo a FAA (2008), este fenômeno pode ocorrer a altas ou baixas altitude e nas direções vertical e horizontal.

Os 4 tipos mais comuns de tesouras de vento a baixas altitudes são oriundos de:

- a) Atividade de Frentes (quentes ou frias);
- b) Tempestades;
- c) Inversões térmicas;
- d) Obstruções superficiais.

Os fatores causais apontados pelo DECEA (2014), são trovoadas, presença de Cumulonimbus, virga (chuvas que evaporam antes de chegar ao solo), sistemas frontais, correntes de jato de baixos níveis, ventos fortes à superfície, brisas marítimas e terrestres, ondas de montanha, linhas de instabilidade e fortes inversões de temperatura, dentre outras.

Este artigo trata apenas de Windshear em baixas altitudes (até 2000ft), pelo seu maior risco à atividade aeronáutica. Uma ilustração esquemática da formação deste evento está mostrada na figura 1.



**Figura 1** – Formação do Windshear. Fonte: Adaptado de FAA (2008).

#### 2.1.1.1 Windshear de frentes quentes ou frias

Segundo a FAA (2008), nem todas as frentes têm como consequência a formação de tesouras de vento. Na verdade, as cortantes são normalmente um problema apenas nas frentes com gradientes de vento elevados. Tal como acontece com tantos fenômenos associados ao tempo, não existe uma regra absoluta, mas algumas pistas para dizer que tesouras de vento podem ocorrer:

- A diferença de temperatura entre a frente e a região que ela atinge é de 10°F (5°C) ou mais.
- A frente está se movendo a uma velocidade de, pelo menos, 30 nós.

#### 2.1.1.2 Windshear de tempestades

Como citado pela FAA (2008), o Windshear é apenas um dos muitos aspectos desagradáveis de trovoadas. Os piores problemas, além da real abrangência da tempestade são os relacionados à presença de cisalhamento: as primeiras rajadas e o Downburst. (FAA, 2008). As rajadas de vento, em conjunto com o rápido deslocamento e aumento da intensidade do vento pouco antes de um temporal atingir o solo combinados com fortes componentes verticais de uma célula de tempestade espalham-se horizontalmente à medida que se aproximam do solo. A camada de ar frio fornece uma força ascendente no ar quente circundante, possibilitando assim o início de novas células de tempestade. (FAA, 2008).

A FAA (2008) menciona ainda que, os Microbursts são associados a tempestades intensas e são o resultado de grandes Downdrafts (massas de ar descententes) batendo no chão e espalhando para fora horizontalmente. Estes ventos podem mudar de direção em até 180 graus e atingir velocidades de 100 nós e grandes distâncias, como 16 quilômetros à frente da tempestade. A velocidade da rajada de vento pode aumentar em até 50 por cento entre a superfície e 1.500 pés, com a maior parcela do aumento ocorrendo nos primeiros 150 pés. As consequências de um evento desses para uma aproximação neste caso são catastróficas.

#### 2.1.2 Microburst (Downburst)

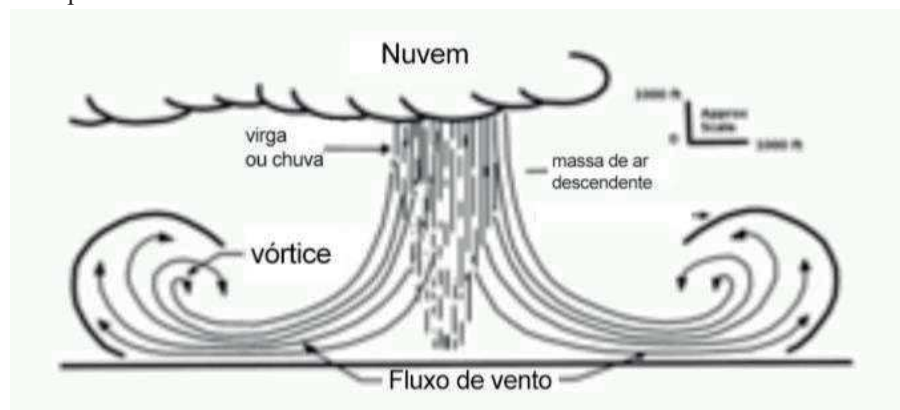
O outro fenômeno relativo a ventos mencionado anteriormente, o Microburst, também conhecido como mini-size Downburst, foi introduzido por Fujita, em 1976, e Byers, em 1977 e foi definido como sendo um Downdraft que causa ventos destruidores no solo ou em suas proximidades (FUJITA, 1980) e, foi nomeado assim devido ao fato de ser um Downburst menos severo que, assim como o downdraft, também está relacionado a uma corrente descendente. Geralmente este último fenômeno ocorre em uma área muito maior e seus ventos geralmente não atingem intensidades elevadas. (MERSEREAU, 2014).

Segundo a FAA (2008), o Microburst trata-se de um fenômeno extremamente intenso e caracteriza-se pela presença de uma corrente descendente localizada a partir de um temporal, que ultrapassa a velocidade vertical de 720 pés por minuto a 300 pés acima do solo ou, segundo Mersereau (2014, p.1):

[...]Microbursts são uma súbita rajada descendente de vento a partir da base de uma tempestade, onde o ar pode se aproximar em direção ao solo a uma velocidade de 60 mph (aprox. 100km/h) antes de atingir a superfície, espalhando-se em todas as direções, podendo exceder 100 mph (aprox. 160 km/h) nos casos mais fortes.[...]

O poder deste evento pode exceder as capacidades de subida de aeronaves, não só de modelos de pequeno porte, mas até mesmo em caças de alto desempenho da Força Aérea (FAA, 2008). Além da intensidade elevada, o Microburst, dificilmente é detectado por sistemas de alerta de Windshear devido à sua curta duração. (SPENCER e TYNAN, 2015).

A figura 2 ilustra os componentes do Microburst.



**Figura 2** - Esquemático de um Microburst. Fonte: Adaptado de Mersereau (2014).

### 2.1.2.1 Formação de Microbursts

Segundo Mersereau (2014), as tempestades são formadas por dois componentes, um ascendente e um descendente. O primeiro conduz ar quente e úmido para cima, enquanto o segundo leva para o solo ar arrefecido, juntamente com precipitação de chuva.

Conforme afirma Mersereau (2014), os Microbursts podem ser causados por dois processos: deslocamentos de ar seco e misturas de água. O primeiro processo ocorre quando o ar seco se mistura às gotas de chuva em uma nuvem. O ar seco faz as gotas evaporarem, diminuindo a temperatura do ar através de resfriamento evaporativo. Esta área de ar mais frio, por ser mais densa, começa a descer pela tempestade e vai ganhando velocidade. Se houver um elevado e rápido gradiente de temperatura sob a tempestade, as bolhas de ar frio descerão mais rapidamente, pois o ar ao seu redor irá subir mais quente e menos denso, na região mais próxima ao solo. Essa coluna de ar que desce rapidamente irá eventualmente atingir o solo e se espalhar em todas as direções, com ventos que passam de 100 km/h, criando o Microburst.

Outro processo que contribui para a formação de Microbursts, apontado por Mersereau (2014), é devido ao peso das gotas de água advindas da tempestade, combinado com o deslocamento de ar seco; isso pode corroborar com o transporte do ar frio à superfície, criando um Microburst.

Os dois tipos de Microbursts, os secos e úmidos são definidos conforme Mersereau (2014):

- Microbursts secos: ocorrem em regiões com climas de baixa umidade e se formam pelo deslocamento de ar seco em direção ao solo. Neste caso o fenômeno ocorre sem precipitações, sendo visível apenas por eventuais nuvens de poeira e sujeira levantadas durante as rajadas;
- Microbursts úmidos: ocorrem juntamente com tempestade e se formam pelo deslocamento de ar causado pela queda d'água da chuva aliado ao resfriamento do ar seco, causando o fenômeno. Visualmente, os Microbursts úmidos aparentam uma nuvem em formato de cogumelo invertido, com uma estreita queda de chuva na trajetória nuvem-solo, com fortes rajadas de água-vento e nuvens de poeira sendo levadas do ponto de impacto na superfície.

A figura 3 mostra um exemplo real de formação de um Microburst úmido.

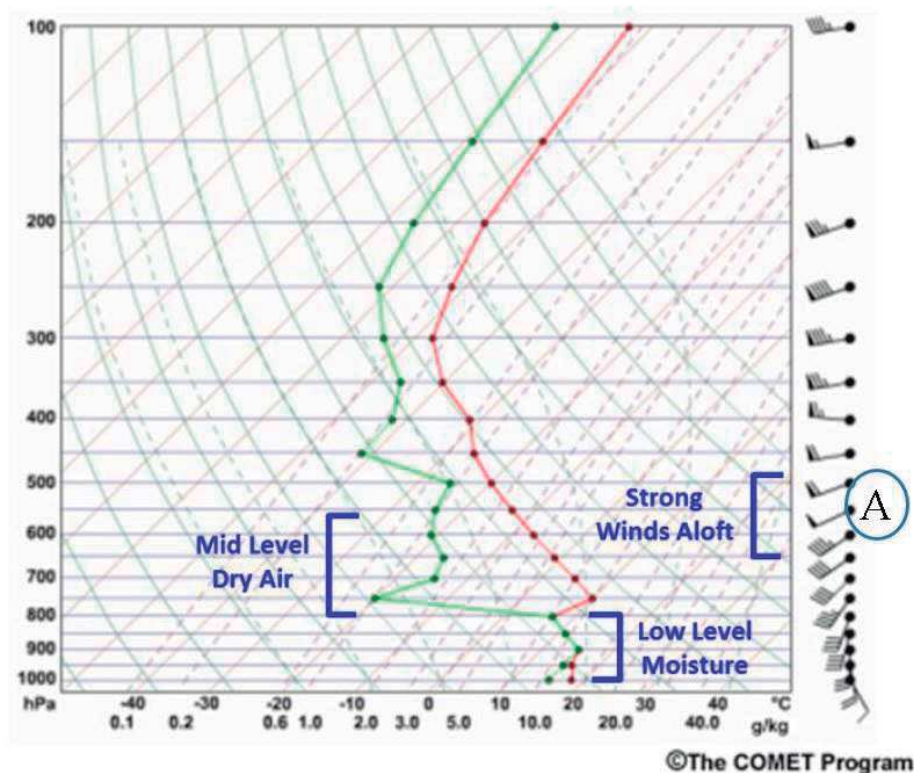


**Figura 3** - Microburst em formação. Fonte: National Weather Service (2011).

### 2.1.2.2 Previsão de Microbursts

Os Microbursts, conforme citado anteriormente, são eventos muito difíceis de serem previstos, devido à velocidade em que se formam e ocorrem. Segundo o NWS (NATIONAL WEATHER SERVICE, 2011), estes fenômenos geralmente são detectáveis entre 6-12 horas antes da ocorrência. Os meteorologistas utilizam diversos parâmetros atmosféricos para tentar prever o potencial deste fenômeno, que geralmente ocorre nos meses de verão: instabilidade, alto potencial chuvoso e ar seco, com ar seco em altitudes médias seguido de ventos fortes nas camadas inferiores. Esses são somente alguns parâmetros necessários para a formação de Microbursts e estão mostrados na figura 3, utilizada didaticamente no Project COMET (Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training), criado pelo NWS para estudos aprofundados de meteorologia de mesoescala, no treinamento de metodologias de previsão do potencial de Microbursts.

A figura 4 mostra uma condição estudada pelo Project COMET nos Estados Unidos, utilizada como exemplo de condições favorecedoras ao surgimento de Microbursts. Este gráfico, conhecido como Skew-T-Log-P, representa através de curvas, variáveis de umidade e temperatura com níveis de condensação e energia. Os valores medidos são representados em duas curvas: a verde representa o ponto de orvalho e a vermelha representa a temperatura em função das outras variáveis. As figuras representadas pela letra “A” e conhecidas como wind barbs, indicam a intensidade e direção do vento. No caso em questão foi encontrada elevada intensidade de vento (acima de 55 kt- 100km/h) na região entre aproximadamente 500 e 800 hPa, assim como a presença de ar seco em altitudes médias, com uma conseguinte mudança de umidade a baixas altitudes, criando condições favoráveis ao surgimento de Microbursts exatamente iguais às abordadas no tópico 1.2.1.



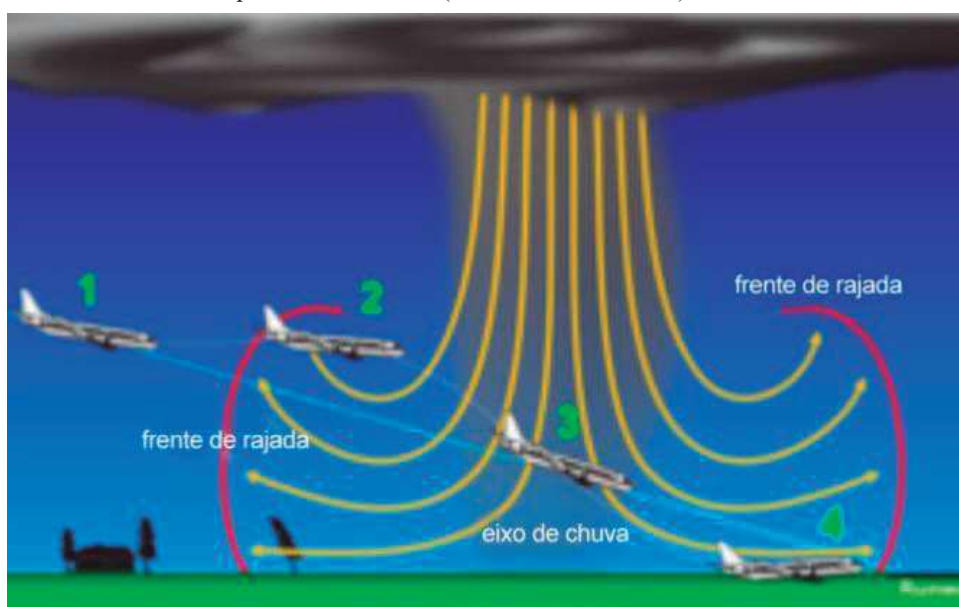
**Figura 4** – Gráfico Skew-T-Log-P, mostrando condições favoráveis à ocorrência de Microbursts. Fonte: National Weather Service (2011).

### 2.1.3 Riscos relacionados à aviação

Os primeiros 500m de atmosfera partindo da superfície são os mais críticos, principalmente para os estágios iniciais e finais das operações de voo, por conta da presença de turbulência, Windshear, mudanças bruscas na direção do vento e formação de neblina. Esses eventos atmosféricos transientes a baixa altitude têm grande impacto na segurança de voo nas fases de decolagem, aproximação final e pouso, pois são nestas que as aeronaves normalmente encontram-se à baixa velocidade e com manobrabilidade comprometida, devido ao fato de os flaps estarem estendidos, os spoilers armados e trem de pouso baixo (LUIZ SILVA ET AL., 2016), condições que desfavorecem a aerodinâmica da aeronave, devido à tração e sustentação estarem prejudicados.

Os Microbursts certamente são um dos maiores perigos à atividade aeronáutica, principalmente nas etapas de decolagem e pouso. Como apontado por Fuji (1980), devido à suas pequenas dimensões horizontais, estes fenômenos podem causar uma forte rajada de ventos de proa a cauda em combinação com fortes correntes descendentes, até altitudes próximas ao solo, causando fortes tesouras de vento (Windshear).

A figura 5 ilustra os riscos deste fenômeno durante o pouso. No ponto 1, a aeronave está em aproximação final para o aeroporto, indo lenta e baixa em direção ao solo. No ponto 2, esta sofre um aumento acentuado na velocidade aerodinâmica (vento de proa, que aumenta a sustentação), assim como o deslocamento encontra uma forte rajada a partir da borda do Microburst. Se os pilotos não souberem o que está acontecendo, eles vão reduzir a potência para reduzir a velocidade. Com a aeronave voando para dentro do Microburst (ponto 3), os ventos irão empurrá-la diretamente para baixo, gerando uma rápida perda de altitude. Com isso, os pilotos tendem a aumentar a potência dos motores e reduzir o ângulo de ataque para ganhar velocidade e sustentação a fim de levar o avião de volta para uma altitude segura. No ponto 4, o avião agora experimenta um forte vento de cauda, reduzindo consideravelmente sua sustentação e velocidade aerodinâmica, podendo gerar uma situação de stall, o que possivelmente ocasionaria em queda da aeronave. (MERSEREAU, 2014)



**Figura 5** - Riscos do Windshear para o pouso de aeronaves. Fonte: Adaptado de Mersereau (2014).

#### 2.1.4 Medidas Preventivas para o Windshear

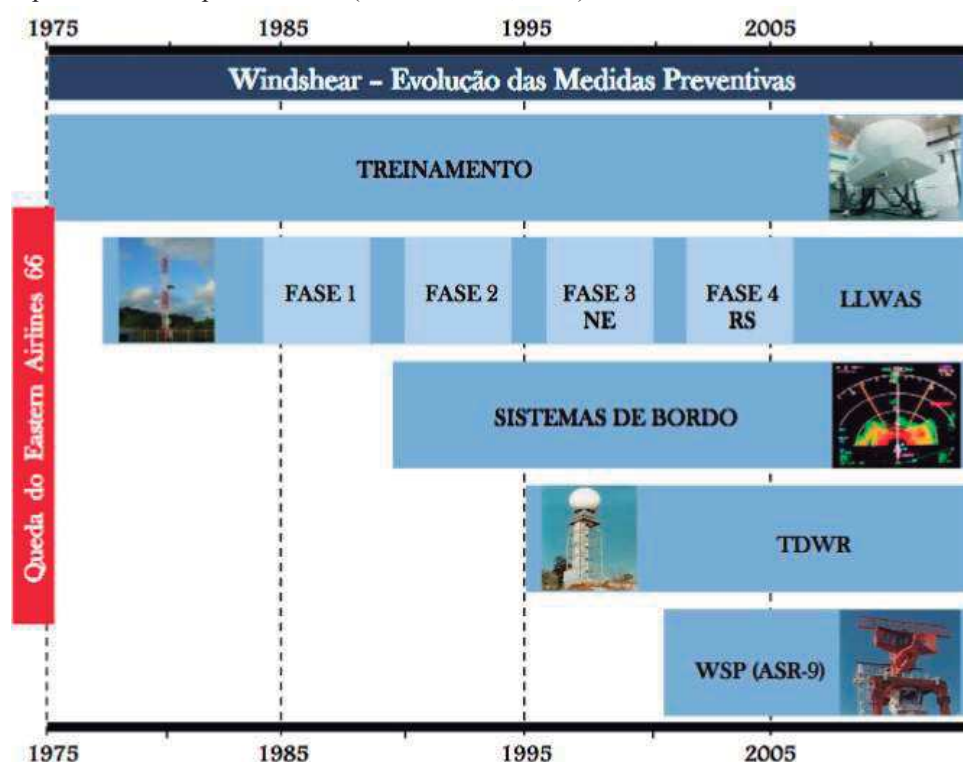
Segundo NASA (1992), os pilotos precisam de 10 a 40 segundos de aviso prévio para evitar o Windshear. Uma sinalização em um intervalo de tempo inferior a 10 segundos do evento não é tempo suficiente para o piloto reagir, enquanto que um alarme a mais de 40 segundos da ocorrência é muito antecipado, tendo em vista que as condições atmosféricas podem alterar rapidamente à medida em que o tempo passa. A figura 6 mostra a evolução dos mecanismos que surgiram para evitar acidentes com aeronaves causados por Windshear, separados cronologicamente. A evolução relativa aos fatores humanos é abordada em “treinamentos”, a dos equipamentos de aeronaves é mostrada em “sistemas de bordo” e a dos equipamentos terrestres são os relativos a LLWAS/TDWR/WSP.

As principais medidas contra Windshear utilizadas atualmente baseiam-se em 3 vertentes:

- Fator humano: segundo Simão (2013), os pilotos devem seguir o programa de treinamento recomendado pelo Federal Aviation Administration no documento *Pilot Windshear Guide* (FAA, 1988), composto por exercícios básicos e opcionais que têm por objetivo dar aos pilotos noções práticas sobre as características de voo das aeronaves sob condições de cortante de vento e medidas preventivas e técnicas de recuperação mais adequadas a cada fase de operação. Além disso, o *Doc 9817 – Manual on Low-level Wind Shear* (ICAO, 2005) apresenta um fluxograma para tomada de decisões e ações que pode ser utilizado tanto nos treinamentos de simulador como em situações reais de Windshear.
- Equipamentos de voo: com o avanço da tecnologia, as aeronaves têm evoluído bastante no sentido de detecção precoce de eventos indesejáveis com instrumentos como radares meteorológicos do tipo Doppler e de microondas, que detectam a maioria das ocorrências em tempo hábil de os pilotos tomarem ações preventivas. Além disso, sistemas como o GPWS (*Ground Proximity Warning System* – Sistema de aviso de proximidade do solo), *stick shaker* (sistema de vibração do manche para aviso de *stall*) e os mais diversos alarmes presentes nas aeronaves modernas avisam aos pilotos proximidade de obstáculos a frente, perda de sustentação e outras anomalias no voo. O Boeing 777 possui um dos sistemas mais modernos de detecção de eventos adversos, chamado PWS (*Predictive Windshear Warning System*), que detecta o fenômeno em seus radares meteorológicos, porém com boa eficiência apenas para ocorrências de *Windshear* com presença de água, pois este sistema baseia-se na detecção da velocidade de movimentação das partículas de água ou gelo à frente da aeronave. (SKYBRARY, 2016).



- Equipamentos de solo: Os radares de terra possuem avançados de previsão do tempo e sistemas de detecção de *Windshear* a baixas altitudes em suas proximidades, gerando assim reportes de tempos em tempos sobre as condições climáticas locais. Um dos primeiros LLWAS (*Low Level Windshear Alerting System* – Sistema de Alerta de Windshear a Baixa Altitude) citado por Skybrary (2016) é o do tipo anemômetro, o qual detecta o evento com base exclusivamente na velocidade do vento. Este tipo foi gradualmente substituído pelo do tipo TDWR (*Terminal Doppler Weather Radar* – Radar Meteorológico do tipo Doppler), que detecta o fenômeno baseado em medições atmosféricas tridimensionais, com precisão e velocidade de detecção melhores em relação aos sistemas mais primitivos (anemômetros). Este sistema tem capacidade de detectar fenômenos a longas distâncias e por isso não necessariamente as estruturas físicas precisam estar nas dependências aeroportuárias. Alguns aeroportos de médio tráfego nos EUA utilizam uma alternativa de menor custo, porém com resultados similares, chamado de WSP (*Weather Systems Processor* – Processador de sistemas climáticos). Este geralmente utiliza o radar ASR-9, capaz de monitorar tráfego e clima, em conjunto com o sensor de velocidade e direção do vento já instalado no aeroporto, tendo a capacidade de detecção de microbursts à distância de 15 milhas náuticas (27,7km), além de frentes de rajadas, monitoramento de ventos e precipitações, *Windshear* e demais eventos meteorológicos que possam impactar as operações aeroportuárias, possibilitando aos controladores de tráfego avisar às tripulações em tempo hábil para tomada de providências. (STEINHORN, 2009).



**Figura 6** - Evolução das medidas preventivas contra Windshear. Fonte: Simão (2013).

Segundo Cabral (2006), nas Estações Meteorológicas de Superfície, existentes em mais de 100 aeródromos brasileiros, são confeccionados e difundidos de hora em hora boletins meteorológicos onde constam as informações reais da área do aeródromo e que servirão de base às operações de pouso e decolagem.

Tem-se a elaboração de 2 tipos de boletins, baseados em códigos, que são difundidos para fora do aeródromo: – METAR (*ME*eteorological *A*erodrome *R*eport - Informe meteorológico regular de aeródromo) e SPECI; o boletim METAR é elaborado automaticamente de hora em hora, enquanto o SPECI é de caráter esporádico, sendo emitido no período entre 2 METARs, somente nas condições de mudanças bruscas (quando há a elevação de 2°C ou mais desde a última observação ou quando for constatada a presença de turbulência moderada ou forte ou gradiente de vento, chuva, etc. (CABRAL, 2006).

Os METAR/SPECI são codificados conforme especificado abaixo:

**METAR | SBRJ | 231200Z | 31015G27KT | 280V350 | 4000 | -RA | SCT020 | BKN120 | 25/20 | Q1012 | =**

Onde:

- **METAR** ou **SPECI** é o tipo de mensagem;
- **SBRJ** é o código do aeródromo;
- **231200Z** é o dia e hora, em UTC (representado pela letra Z);
- **31015G27KT** indica a direção do vento(310°), velocidade (15 nós) e rajadas (27 nós). KT é a unidade (nós);
- **280V350** indica que há variações do vento entre 280° e 350°;
- **4000** representa a visibilidade horizontal, em metros;

- **-RA** indica a presença de chuva (RA) leve (-) sobre o aeródromo. Este campo também pode conter outros códigos: **DZ** = chuvisco, **RA** = chuva, **TS** = trovoada **GR** = granizo, **SH** = pancada, **HZ** = névoa seca, **BR** = névoa umida e **FG** = nevoeiro (visibilidade abaixo dos 1000 metros), podendo ser de intensidade moderada (sem símbolo), leve (-) ou severa (+);
- **SCT020** e **BKN120** indicam a presença de nuvens em 2 níveis diferentes; os três dígitos após os indicadores se referem a altitude em hectopés (x100 pés). Neste exemplo há nuvens esparsas a 2.000 pés e céu nublado a 12.000 pés. Os códigos relativos a nuvens podem ser **NSC** = Sem nuvens significativas (nenhuma nuvem abaixo de 5000 pés e nenhuma presença de **TCU** = Towering Cumulus e **CB** = Cumulusnimbus), **FEW** = Poucas Nuvens, **SCT** = Nuvens Esparsas, **BKN** = Nublado, **OVC** = Céu Encoberto;
- **25/20** indicam a temperatura e ponto de orvalho (graus Celsius).
- **Q1012** é a pressão atmosférica em Hectopascals (hPa).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi baseado em uma pesquisa quantitativa da presença de Windshear, com dados advindos do perfilador de vento do tipo SODAR, cedidos pela INFRAERO. Segundo Luiz Silva et al., (2016), esse equipamento é um perfilador de vento de baixo custo e com facilidade de instalação, que usa a reflexão de pulsos acústicos nas não homogeneidades da atmosfera para estimar a direção e velocidade tridimensionalmente, em intervalos de 15 minutos, com uma resolução vertical de 10 metros e alcance vertical máximo de 500 metros.

O Aeroporto de Guarulhos (figura 7) possui 2 pistas paralelas, sem operações simultâneas: 09L (27R) e 09R (27L), medindo respectivamente 3700m e 3000m (DECEA, 2015). O equipamento utilizado neste trabalho está localizado na cabeceira da pista 27L e os dados foram levantados durante o período de 01 de Janeiro a 31 de Maio de 2016, para em seguida serem tratados e representados graficamente utilizando o aplicativo APRun.

As ocorrências apontadas como Windshear foram classificadas de acordo com a intensidade, baseado nos parâmetros de classificação do DECEA (2014):

- Leve: 0-4 kt/100ft;
- Moderada: 5-8 kt/100ft;
- Severa: 9-12 kt/100ft;
- Extrema: maior que 12 kt/100ft.

Adicionalmente os dados do SODAR foram comparados aos registros de “Avisos de Aeródromo” e METAR/SPECI, extraídos do sistema OPMET (<http://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=consultade-mensagens-opmet>) para relacionar possíveis reportes de Windshear.

A figura 8 mostra uma ilustração do equipamento SODAR. A figura 9 mostra as convenções de sinais utilizados para representação gráfica dos vetores de velocidade e direção do vento utilizadas pelo aplicativo APRun, de acordo com o manual de utilização do usuário.



**Figura 7** - Vista Aérea do Aeroporto de Guarulhos. Fonte: Luiz Silva et al. (2016).



Figura 8 - Ilustração do SODAR. Fonte: Luiz Silva et al. (2016).

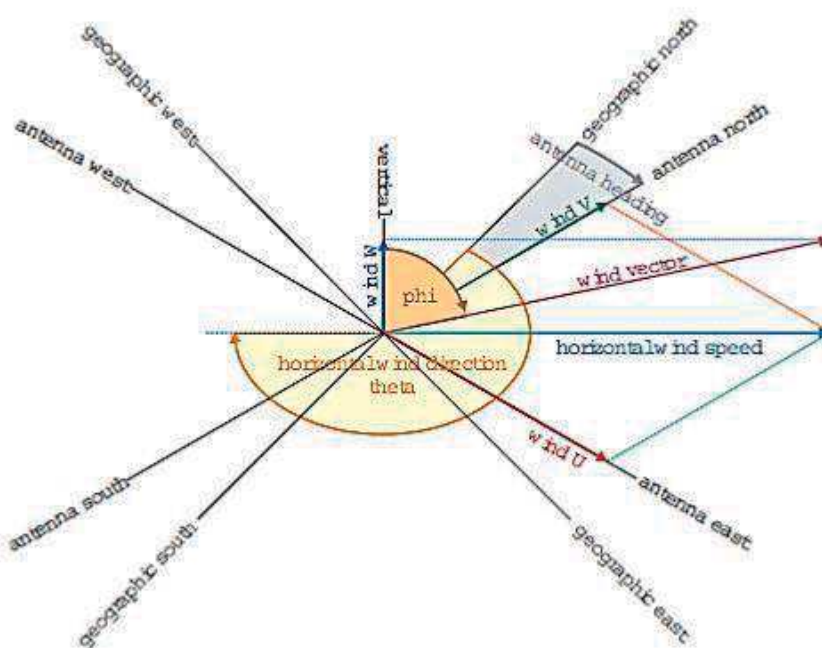


Figura 9 - Convenção de direções do vento utilizada pelo aplicativo APRun. Fonte: Scintec Ag. (2011).

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos dados analisados foi constatado um grande número (da ordem de milhares) de ocorrências de Windshear, entretanto, em sua grande maioria (98,69%), de intensidade leve, os quais normalmente não são reportados por pilotos e, conseqüentemente não são registrados pelos controladores de voo. O quadro 1 mostra um sumário dos resultados verificados neste período.

LEVE	365.785	98,69%
MODERADA	4.801	1,30%
SEVERA	42	0,01%
EXTREMA	6	0,002%
Total	370.634	

Fonte: O autor (2017).

Quadro 1 - Sumário das ocorrências de *Windshear* em Guarulhos no período estudado.

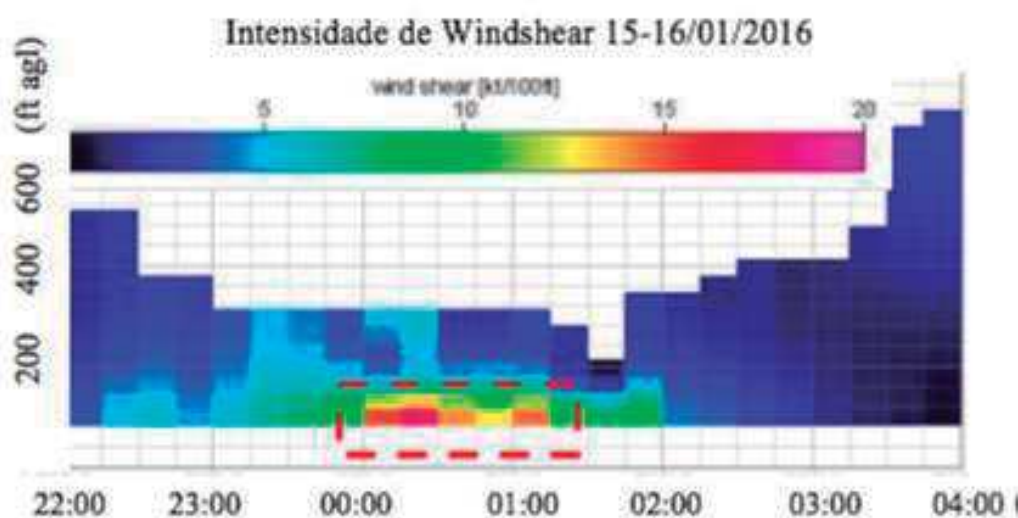
Apesar de a maioria das ocorrências serem de intensidade leve, algumas ocorrências merecem estudos mais aprofundados, como aquela ocorrida entre os dias 15 e 16 de Janeiro de 2016, no horário de 22 a 04 UTC, apresentada na figura 9.

Trata-se de uma ocorrência de *Windshear* classificada como extrema, de acordo com a intensidade máxima do período (17,83 kt/100ft, destacado na área marcada em vermelho).

Analisando a figura 10, nota-se ocorrência de *Windshear* em uma larga faixa de valores de altitude a partir das 22 UTC do dia 15, de intensidade leve (0-4 kt/100ft).

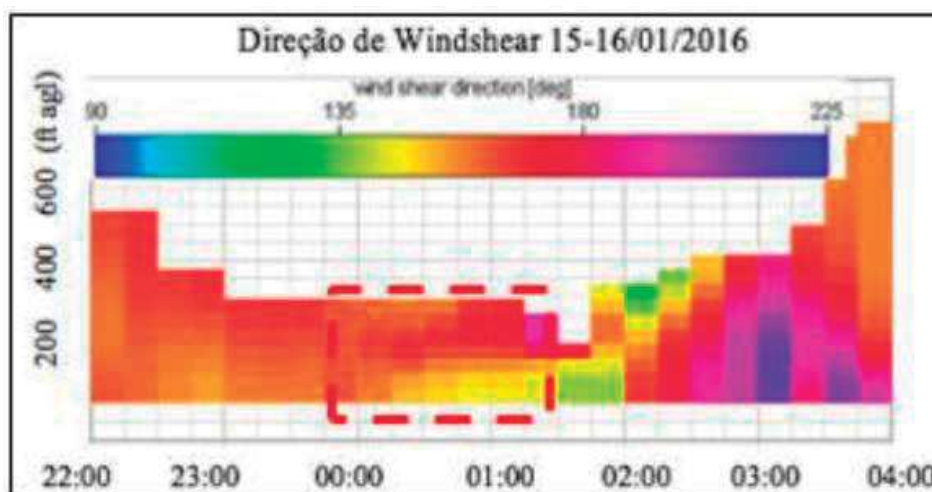
Por volta de 22:30 UTC, este torna-se moderado (5-8 kt/100ft) a baixas altitudes (100-200 ft), atingindo nos momentos seguintes esses valores em altitudes de até 300 ft.

Em seguida o *Windshear* adquire valores classificados como severos/extremos na área marcada em vermelho, por volta de 00 UTC (com valores 10 e 17 kt/100ft nas altitudes de aprox. 100-130 pés), perdendo força novamente na medição feita às 02 UTC, sendo ainda registradas ocorrências leves até o fim do período (4 UTC).

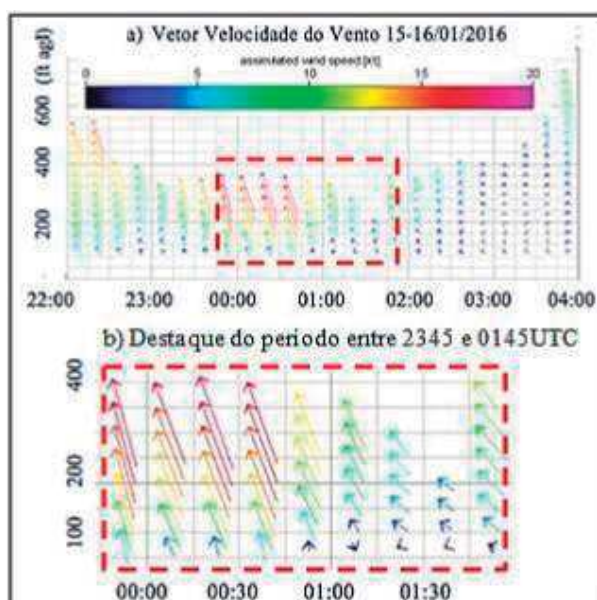


**Figura 10** - Intensidade de *Windshear* de 15/01/2016 22 UTC a 16/01/2016 04 UTC. Fonte: O autor (2017).

Em relação ao vetor velocidade do vento, constata-se elevados gradientes de ventos para o período, com destaque à região da figura 12 b), onde o vento varia de 20 kt a 300 ft para 5 kt a 100 ft. Essa mudança repentina de velocidade do vento pode gerar um *Windshear*, influenciando os valores de vento de proa ou de cauda de uma aeronave a baixas altitudes, podendo causar acidentes. Por volta de 02 UTC as correntes de vento mudaram de direção e intensidade, diminuindo o gradiente de velocidade, tornando-se mais calmas. Isso pode ser confirmado pelo METAR, representado posteriormente.



**Figura 11** - Direção de *Windshear* em 15/01/2016 22 UTC a 16/01/2016 04 UTC. Fonte: O autor (2017).



**Figura 12** - a) Vetor velocidade do vento 15/01/2016 22 UTC a 16/01/2016 04 UTC; b) Destaque do período entre 2345 e 0145 UTC. Fonte: O autor (2017).

Em relação à direção, o *Windshear* registrado neste período está representado na figura 11. O cisalhamento se inicia na direção sul-sudeste (aprox. 160 graus) às 22 UTC e segue constante até o momento em que o fenômeno se intensifica, aproximadamente a 0030 UTC, quando a direção chega a variar de 140 graus (sudeste) a 100 pés de altitude para 190 graus (sulsudoeste) a 260 pés de altitude.

Os METAR/SPECI reportados para o período estudado estão representados no quadro 2. Os pontos mais relevantes encontrados na análise destes foram:

- Às 22 UTC havia a ocorrência de chuva leve e névoa úmida, nuvens esparsas e céu encoberto a 800 pés, com visibilidade de 5 km;
- Às 2235 UTC foi emitido uma mensagem SPECI, quando não mais foi reportado chuva ou névoa, porém o céu continuava nublado e encoberto. A visibilidade passou a ser total;
- No início da ocorrência registrada pelo SODAR (por volta de 00 UTC), o METAR não registrou nenhuma alteração meteorológica típica de *Windshear*;
- No fim do período analisado (04 UTC), a visibilidade estava total e o vento calmo.

Além dos dados do METAR, não há outros reportes de *Windshear* registrados para o período no sistema OPMET (<http://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=consulta-demensagens-opmet>), no campo “Aviso de Aeródromo”, o que indica que este evento não foi reportado por nenhuma aeronave.

Mensagem
METAR SBGR 152200Z 17006KT 5000 -RA BR SCT005 OVC008 20/20 Q1012=
SPECI SBGR 152235Z 16005KT 9999 BKN010 OVC020 21/20 Q1012=
METAR SBGR 152300Z 14005KT 9999 BKN010 OVC080 20/20 Q1012=
METAR SBGR 160000Z 15007KT 9999 BKN010 OVC080 20/19 Q1013=
METAR SBGR 160100Z 16005KT 9999 BKN010 BKN015 BKN080 19/18 Q1014=
METAR SBGR 160200Z 13004KT 9999 BKN013 BKN030 BKN080 19/18 Q1014=
METAR SBGR 160300Z 15002KT 9999 SCT013 19/18 Q1013=
METAR SBGR 160400Z 00000KT 9999 FEW013 18/17 Q1013=

**Quadro 2** - METAR/SPECI no período de 15/06/2016 22 UTC a 16/06/2016 04 UTC. Fonte: REDEMETS (2016).

## 5 COMENTÁRIOS FINAIS

O *Windshear*, devido a seu poder letal para a aviação, deve ser constantemente monitorado, já que, devido ao fato de ser um fenômeno extremamente transiente, faz com muitas vezes a atividade de detecção em solo e reporte aos pilotos não chegue a tempo para a tomada de ações da tripulação do voo, trazendo riscos à operação segura.

Este artigo mostrou que o *Windshear* é um fenômeno bastante presente no aeródromo de Guarulhos, com 370.634 ocorrências reportadas entre janeiro e maio de 2016, com medições a cada 15 minutos. Devido à sua elevada ocorrência durante o período estudado, é essencial que se estendam as ações para a criação de mecanismos terrestres que visem o estudo das condições que tornam propícias à formação deste fenômeno natural para esta localidade.

Futuramente, será simulada a presença destes eventos com um modelo atmosférico regional (*WRF – Weather Research Forecast – Previsão por Pesquisa Meteorológica*), para se entender melhor a associação entre a convecção, formação de nuvens e ocorrência de cisalhamento do vento intenso, trazendo desta forma medidas preventivas para pilotos para que estes consigam antecipar-se e tomar ações para manter o voo seguro.

## AGRADECIMENTOS

À INFRAERO pela colaboração e levantamento dos dados do perfilador SODAR do Aeroporto de Guarulhos. Ao Comando da Aeronáutica, por meio do DECEA, como proprietário do perfilador (SODAR) e do CTCEA, como gestora dos projetos relacionados ao equipamento.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA nº 15/ICA, de 14 de julho de 2015. Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea (PZPANA) para o Aeroporto Internacional de Guarulhos (SBGR), e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 17 jul. 2015. Seção 1, p.10.
- CABRAL, E. Meteorologia Aeronáutica. **Introdução à Meteorologia Aeronáutica**, 17 Maio 2006.
- DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Windshear**, Abril 2014. Disponível em: <[http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2014/04/wind\\_shear.pdf](http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2014/04/wind_shear.pdf)>. Acesso em: 30 Jun. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Advisory Circular AC-0054: Pilot wind shear guide**. Washington, EUA. 1988. 64 p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **FAA-P8740-40: Wind shear**. n. HQ101130. Washington, EUA. 2008.
- FUJITA, T. T. Downbursts and microbursts - an aviation hazard. In: NINETEENTH CONFERENCE ON RADAR METEOROLOGY. **Anais...** Boston: The American Meteorological Society. 1980. p. 94-101.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9817: Manual on Low-Level Wind Shear**. Montreal: Canadá, 2005.
- LUIZ SILVA et al. Conceptual model for runway change procedure in Guarulhos International Airport based on SODAR data. **The Aeronautical Journal**, v. 120, n. 1227, p. 725-734, May 2016. ISSN DOI 10.1017.
- MERSEREAU, D. Explaining Microbursts, One of Nature's Most Dangerous Wind Storms. **The Vane**, 2014. Disponível em: <<http://thevane.gawker.com/explaining-microbursts-one-ofnatures-most-dangerous-w-1643929336>>. Acesso em: 11 de Abril de 2017.
- NORTH AMERICAN SPACE AGENCY. (NASA). **Making the Skies Safe from Windshear**, June 1992. Disponível em: <<http://nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/Windshear.html>>. Acesso em: 30 June 2016.
- NATIONAL WEATHER SERVICE. What is a Microburst? **National Weather Service**, 2011. Disponível em: <[https://www.weather.gov/bmx/outreach\\_microbursts](https://www.weather.gov/bmx/outreach_microbursts)>. Acesso em: 17 de Abril 2017.
- REDEMET. Consulta de Mensagens OPMET. **REDEMET**, 15/16 Janeiro 2016. Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/?i=produtos&p=consulta-demensagens-opmet>>. Acesso em: 03 Julho 2017.
- SCINTEC AG. **Software Manual APRun**. Rottenburg: [s.n.], v. 1.24, 2011.
- SIMÃO, A. C. Tesouras de Vento e a Segurança de Voo. Revista Conexão SIPAER, v. 4, n. 2, p. 149-188, mar-abr 2013. ISSN 2176-7777.
- SKYBRARY. Airborne Wind Shear Warning Systems. **Skybrary**, 2016. Disponível em: <[http://www.skybrary.aero/index.php/Airborne\\_Wind\\_Shear\\_Warning\\_Systems](http://www.skybrary.aero/index.php/Airborne_Wind_Shear_Warning_Systems)>. Acesso em: 2 de Maio 2017.
- SPENCER, R.; TYNAN, M. **Windshear, microbursts, thunderstorms and lightning strikes: phenomena identification and impacts in flight**. Griffith University. Brisbane, p. 7-13. 2015.
- STEINHORN, I. Meteorological support of the weather systems processor (WSP) operation. In: SPECIAL SYMPOSIUM ON WEATHER - AIR TRAFFIC MANAGEMENT INTEGRATION, **Anais...** Phoenix, AZ, 11-15 Janeiro 2009. 1-7...

---

# Análise dos Fatores Humanos Envolvidos no Acidente do Voo 801 da Korean Air

Hudo de Oliveira Alcoforado<sup>1</sup>, Bruno Mendes Nogueira, Lucas Elya Piana Giordani, Sérgio Ricardo de Freitas Oliveira, Mário Henrique Araújo Maia

1 Piloto Militar. Piloto Linha Aérea (PLA). Instrutor de planador, de aeronave de asa fixa e de helicópteros. Especialista em Análise de Ambiente Eletromagnético pelo ITA. Insígnia “C de Prata” da Confederação Brasileira de Voo à Vela. Elemento Certificado em Prevenção e Investigação pelo CENIPA. Atualmente é Instrutor do Grupo de Instrução Tática e Especializada (GITE) e Mestrando em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada do Mestrado Profissional do ITA (MP-Safety). Possui mais de 1600 horas de voo em diversas aeronaves como: L-13 Blanik, L-23 Super Blanik, L-33 Solo, Libelle, ASW 20, T-25, T-27, C-98, AS350, H-1H e H-60 Black Hawk.

---

**RESUMO:** Após um acidente aeronáutico, várias indagações surgem nas primeiras horas e nos dias subsequentes e sempre uma pergunta aparece: onde foi que o piloto errou? No que tange aos fatores contribuintes, as estatísticas indicam o erro humano como fator preponderante para com as causas do acidente, porém, em relação à tecnologia, os complexos sistemas automatizados estão cada vez mais seguros, surgindo então teorias que sinalizam que os sistemas seriam mais confiáveis se não fossem gerenciados por pessoas, que trazem “imperfeições” para o sistema. Sidney Dekker cita a teoria do erro humano conhecida como Bad Apple, teoria que coloca o ser humano como sendo as imperfeições inseridas em sistemas complexos e que relata a necessidade de proteger o sistema das pessoas adicionando regulamentações, tecnologia ou colocando o homem apenas como mero administrador. Porém, quando se foca no erro em si, não se muda as condições que o possibilitaram e não se atinge o intuito da investigação: aprender com a ocorrência para evitar sua reincidência. Em uma investigação aeronáutica, um passo fundamental é entender que o erro humano é um sintoma, nunca a causa do acidente. Ele nunca é aleatório e está sempre conectado às ferramentas e ao ambiente em que as pessoas operam. Estes entendimentos elucidam e resumem a visão do erro humano em que a investigação não deve focar somente na interação do homem com a máquina e suas falhas, mas também nas características organizacionais da operação. O presente artigo tem por objetivo desvendar as nuances dessa nova visão, estabelecendo que o primeiro desafio esteja no distanciamento entre os dados e interpretação e que a facilitação desse processo ocorre com os estabelecimentos de cinco passos investigativos propostos na teoria. Seguindo os passos estabelecidos, há a correta visualização do ocorrido e surgem os padrões de falhas que possibilitaram a fatalidade. A metodologia empregada será a aplicação dessa sistemática de investigação do erro humano em um acidente já consumado, o Voo 801 da Korean Air, e comparar as recomendações emanadas do relatório final de investigação oficial com os padrões de falhas levantados segundo a teoria proposta.

**Palavras Chave:** Acidente Aéreo. Erro Humano. Fatores Humanos.

## Analysis of Human Factors in the Korean Air Flight 801 Accident

**ABSTRACT:** After an aeronautical accident, several questions arise in the first few hours and days and one question always arises: what did the pilot miss? As far as contributing factors are concerned, statistics indicate that human error is a major factor in accidents. However, in relation to technology, complex automated systems are increasingly safe, resulting in theories that systems would be more reliable if they were not managed by human beings, as they bring "imperfections" to the system. Sidney Dekker cites the theory of human error known as Bad Apple, a theory that places humans as imperfections embedded in complex systems and which reports the need to protect the system from people by adding regulations, technology or putting man only as a mere administrator. However, when one focuses on the error itself, one does not change the conditions that made it possible and one does not reach the intention of the investigation: to learn from the occurrence to avoid its recurrence. In an aeronautical investigation, a fundamental step is to understand that human error is a symptom, never the cause of the accident. It is never random and is always connected to the tools and environment in which people operate. These understandings elucidate and summarize the view of human error in which research should focus not only on man's interaction with the machine and its failures but also on the organizational characteristics of the operation. The aim of this article is to unveil the nuances of this new vision, establishing that the first challenge lies in the distance between data and its interpretation and that the facilitation of this process occurs with the establishment of five investigative steps proposed in theory. Following the established steps, one has the correct visualization of what happened and the fault patterns that enabled the occurrence appear. The methodology employed will be the application of this system of investigation of human error in an accident already accomplished, Flight 801 of Korean Air, then the recommendations emanated from the final report of official investigation are compared with the fault patterns raised according to the proposed theory.

**Key words:** Air Accident. Human Error. Human Factors.

**Citação:** Alcoforado, HO, Nogueira, BM, Giordani, LEP, Oliveira, SRF, Maia, MHA. (2017) Análise dos Fatores Humanos Envolvidos no Acidente do Voo 801 da Korean Air. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 66-72.

## 1 INTRODUÇÃO

“Sistemas complexos seriam mais confiáveis se não fossem as pessoas imperfeitas (Bad Apples) inseridas”. Esta visão falha em entender o erro humano, porque este é um produto de pessoas fazendo seu melhor em um sistema que contém vulnerabilidades. Ao investigar, deve-se considerar o erro humano como um sintoma perante o sistema [DEKKER, 2002]. Na teoria da Bad Apple, julga-se que é preciso proteger o sistema das pessoas, adicionando regulamentações, tecnologia ou colocando o homem como mero administrador. Esta abordagem é falha, pois o objetivo da investigação é aprender. Quando focamos no erro em si, não mudamos as condições que o levaram a ocorrer. Ao adicionarmos camadas no sistema, estamos aumentando a distância entre os procedimentos e a prática. Esta teoria é popular por que é barata e boa para a imagem da organização, já que não considera o problema como sistêmico, só como um erro. Em vez disso, devemos enxergar o erro como um problema organizacional, buscar entender como a atitude que levou ao acidente pareceu correta no momento [DEKKER, 2002]. Não é racional que um piloto experiente e com o conhecimento necessário realize sua função de maneira a colocar em risco sua vida e a de seus passageiros. O acerto e o erro fluem do mesmo processo mental, o resultado (sucesso ou fracasso) é que os diferenciam [REASON, 1990].

Quando se olha o acidente com o conhecimento que se possui no presente, tende-se a ter uma visão tardia e enviesada (hindsight bias). Para investigar acidentes, deve-se ter a visão da pessoa envolvida no momento do acidente. Isso permite não misturar a realidade atual com a do momento do acidente, já que a pessoa no momento não sabia que a situação aconteceria [DEKKER, 2002].

A visão pretendida deve buscar entender o ambiente em que a pessoa operava. Deve-se focar nos fatores mais distantes do acidente e não nos do local do acidente, porque erros não são locais, mas organizacionais. Quando se concentra no meio que levou ao acidente (organização), evita-se julgar a ação da pessoa no momento. Um julgamento errôneo é baseado no conhecimento do agora e não explica as condições que levaram ao acidente. Os acidentes são o resultado de influências do dia a dia na tomada de decisão. Acidentes não têm uma causa, têm uma construção. É um evento indesejado construído com ações a cada dia. É sustentado que muitas organizações tentam disfarçar falhas advindas de fatores humanos, colocando nelas rótulos modernos tais como: “perda da consciência situacional”, “complacência”, “problemas de Crew Resource Management (CRM)”, “excesso de carga de trabalho”, “não aderência às regras”, dentre outros. Mas que, ao final, esses termos são apenas amenizações para o que essas organizações de fato entendem ser a causa dos problemas: o erro humano [DEKKER, 2002].

Na “Nova Visão do Erro Humano”, o erro humano nunca é a causa, mas um sintoma; nunca é aleatório, está sempre conectado às ferramentas e ao ambiente em que as pessoas operam. A investigação de um acidente aéreo não pode concluir que a causa foi um erro humano; porque este não é o final, mas sim o início do processo. A investigação não deve focar somente na interação do homem com a máquina e em suas falhas, mas também nas características organizacionais da operação. Essa análise profunda surge porque o objetivo final do sistema não é somente a segurança. O sistema precisa ser rentável, trade-offs serão necessários, e a pressão sempre estará presente. Dessa forma, sistemas não são genuinamente seguros e as pessoas precisam fazê-los seguros “negociando” muitos objetivos [DEKKER, 2002].

De modo a fazer todo este processo, é suportada a ideia que uma grande quantidade de dados precisa ser coletada. Estes dados precisam estar relacionados com as características do evento. A maior ferramenta da prevenção é a informação. O Chefe do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), ao divulgar a nova ferramenta do Sistema de Prevenção e Investigação de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), O Painel SIPAER, menciona: “Ao permitir a compreensão mais abrangente da realidade, propicia o mais importante insumo para a prevenção – a informação, a qual poderá servir de base para os trabalhos realizados por toda comunidade aeronáutica” [CENIPA, 2017]. Entre os trabalhos realizados, a investigação dos acidentes aeronáuticos é um alicerce e está em constante evolução e buscando o princípio basilar do SIPAER: a preservação da vida humana.

Uma vez que toda a informação tenha sido coletada, o problema passa a ser a distância entre os dados e a interpretação. Para isso, não se deve interpretar a informação em um único movimento; em vez disso, o trabalho do investigador é compreender o que de fato ocorreu. Se deve seguir certos passos de modo que as pessoas saibam como as informações foram interpretadas [DEKKER, 2002]. É importante focar que a consciência está especialmente relacionada com a ação buscando uma intenção/função, porém os erros podem passar despercebidos por longos períodos, e até mesmo quando percebidos são motivos para extensos debates [REASON, 1990].

Um fato é que erros humanos estão sistematicamente conectados na execução de qualquer tarefa, por qualquer pessoa. É muito difícil prever quando e com qual frequência os erros ocorrerão, embora técnicas de confiabilidade da atividade humana tenham arduamente tentado. Diretamente relacionado com os fatores humanos e com a segurança do sistema, a mente humana é a responsável pelas ações e pelo gerenciamento das situações. O trabalho é dividido em tarefas, seguindo uma priorização de funções a serem desempenhadas. Organizações não são sistemas orgânicos e dinâmicos, mas constituem camadas e compartimentos estáticos, entre relacionados com suas respectivas conexões. Dessa maneira, a segurança é uma propriedade estrutural, compreendida e analisada em termos dos mais baixos mecanismos e ferramentas utilizados: a segurança é uma característica organizacional [DEKKER, 2005].

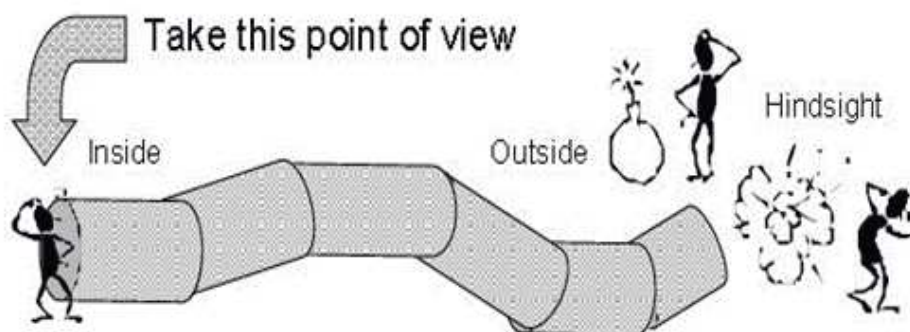


Se nota, dessa maneira, a complexidade atinente ao meio aeronáutico. A partir deste quadro e de todo arcabouço de informação obtida, Dekker propôs a realização da investigação em passos específicos.

## 2 PASSOS INVESTIGATIVOS

Preencher o espaço entre os dados disponíveis e sua respectiva interpretação pelos usuários, naquele exato momento, é de longe a mais difícil tarefa na análise de erros humanos [DEKKER, 2002]. A disponibilidade dos dados são realidades específicas, são tratadas como “contextos específicos” e inicialmente não devem ser interpretados, apenas de conhecimento do investigador. Posteriormente outra linguagem é utilizada, nesta os mesmos eventos são descritos, porém desta vez com enfoque nos fatores humanos, buscando “causas efeitos consequências”, o objetivo é preencher o tão confuso espaço entre os dados e a interpretação. Aqui o trabalho do investigador é entender a compreensão que de fato ocorreu. Para otimizar o processo, o investigador seguirá os passos abaixo [DEKKER, 2002].

- Com os dados disponíveis, provavelmente haverá uma sequência específica de eventos e atividades (espaço, tempo, automação, piloto, funções, combustível, etc.), elabore-a;
- Divida a sequência de eventos em episódios (ainda em linguagem de “contextos específicos”). Como investigador você precisa começar em algum ponto, porém não há tecnicamente o início de uma falha. Apenas deixe claro em que ponto você desejou começar e explique esta escolha;
- Descubra se os dados que você tem agora estavam disponíveis para os usuários durante cada episódio (Quando você tem certeza que cobriu todos os parâmetros necessários? Após não haver incongruências com as avaliações e ações realizadas. Se há incongruências, talvez seja tempo de procurar por mais parâmetros, estes poderiam ter estimulado certos comportamentos, procure por parâmetros não vistos anteriormente);
- Reconstrua a compreensão situacional dos usuários: você quer explicar porque avaliações ou ações dos usuários tiveram lógica para eles naquele exato momento (esqueça enfatizar por que ela não têm sentido para você agora); e
- Conecte a compreensão situacional dos usuários a fatores humanos. Se a teoria do fator em questão está madura o suficiente, isto indicará quais “contextos específicos” procurar e como relacioná-los com a linguagem de “causas efeitos consequências”. Lembre-se do que você está tentando fazer a todo o momento (Figura 1), o último passo em uma análise é construir um desempenho humano que ocorre em paralelo aos eventos/dados criados no primeiro passo.



**Figura 1** – Viés de Retrospectiva (hindsight) [DEKKER, 2002].

É de suma importância que, em todo este processo, o foco esteja na visão da pessoa no momento do acidente. É enfatizado este ponto pela facilidade com que se é desviado deste pensamento, ao se deparar com a falha.

### 2.1 IDENTIFICANDO O CONHECIMENTO, O FOCO DA ATENÇÃO E OS OBJETIVOS

No processo mencionado (entre os 5 passos supracitados), surgem questões. Então o que as pessoas realmente notavam e o que interpretavam? Você pode ter levantado todos os parâmetros possíveis, mas o que realmente os usuários notavam? O que eles entendiam da situação? As respostas estão em três pontos:

- Pessoas têm objetivos. Elas estão numa situação para realizar um trabalho, para alcançar um objetivo particular;
- Pessoas possuem conhecimento. Elas o usam para interpretar o que ocorre em volta delas; e
- Juntos objetivos e conhecimento determinam o foco da atenção das pessoas. Em que as pessoas olham depende do que elas sabem e do que elas querem completar (cumprir).

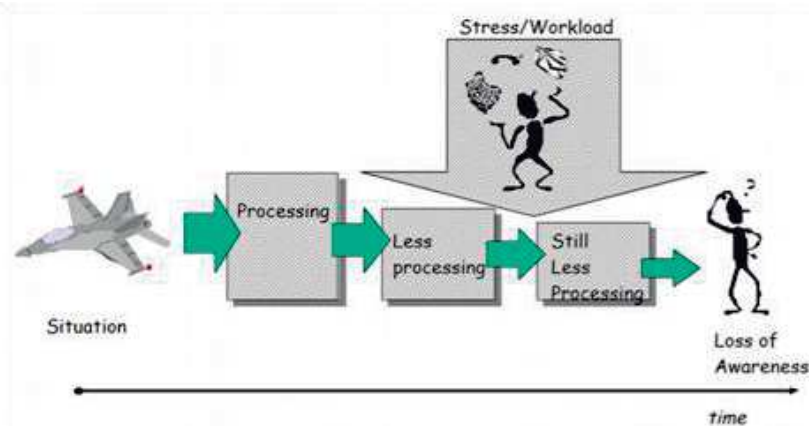
Um objetivo óbvio em aviação é voar seguro (flight safety), porém há várias outras pressões organizacionais e isto gera inadequações. Conflitos nos objetivos, gerados na grande maioria das vezes pelas organizações ou pelo contexto social em que as pessoas trabalham, possibilitam a ocorrência das falhas. O resultado do trabalho do investigador é compreender a ocorrência de tais discrepâncias. Porque as pessoas não sabem e veem tudo por todo o tempo.

O alvo na reconstrução da compreensão situacional é entender porque aquelas ações e avaliações tiveram sentido para aquelas pessoas naquele momento. O passo final, um que talvez vá além do mandato de uma investigação individual, seria ver como uma sequência de eventos surge a partir de questões que já apareceram largamente em outras situações. Isto é um importante resultado da descrição da sequência do acidente em uma linguagem com enfoque nos fatores humanos, buscando os já mencionados “causas efeitos conseqüências”. É importante entender profundamente a sequência de eventos ocorridas, pois nesta está inserida os padrões de falhas da catástrofe.

### 3 PADRÕES DE FALHA

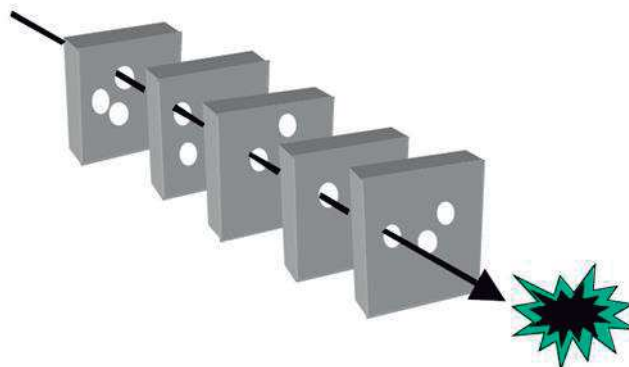
Existem padrões de falha em várias áreas. Neste artigo são explorados alguns destes padrões, que serão discutidos abaixo [DEKKER, 2002].

- O primeiro padrão de falha explorado relacionase com a tecnologia. Novas tecnologias adicionam capacidades para o operador, mas inevitavelmente produz complexidade. O fato de muitas vezes o erro humano ter sido apontado como a causa da falha se dá pelo fato de ser o humano que faz o sistema funcionar.
- Falta de compreensão da realidade. As pessoas interpretam o mundo com base no que elas determinaram que seus sistemas automatizados fizessem, não com base no que os sistemas automatizados estão realmente fazendo. Isso se deve ao fato que pessoas não agem de acordo com a realidade, mas sim com suas percepções da mesma. Um termo muito utilizado para este padrão é “Perda da Consciência Situacional” (nada mais é do que quando nosso processamento da informação é dificultado de alguma maneira). No entanto, o termo não é adequado enquanto o investigador não se coloca no lugar das pessoas no momento do acidente, e pouco explica sobre os reais fatores contribuintes. Apesar dos vários sinais externos, a pessoa se torna passiva a eles, aceitando os inputs como normais.



**Figura 2** – Perda da Consciência Situacional [DEKKER, 2002].

- Outro padrão de erro percebido é quando se continua com o plano definido anteriormente, mesmo apesar dos sinais que alguma coisa está errada. Isso acontece devido ao fato que a decisão tomada anteriormente é considerada muito mais forte do que os sinais mostrando que a situação está mudando. As pessoas ficam fixadas em seu padrão mental e não percebem as mudanças externas.
- Quando o acontecimento indesejado acontece, pode-se interpretar a situação como uma falha presente na sobreposição das camadas de defesa. Esta sobreposição é considerada como um padrão de falha também. Uma teoria que ajuda a explicar este padrão é a Teoria do Queijo Suíço. Basicamente, cada uma dessas camadas de defesas busca que os buracos (falhas) não se alinhem e o evento não aconteça. Apesar de essa ideia ser amplamente utilizada, ela não explica onde as falhas estão, porque as falhas estavam lá, porque os buracos mudaram de posição durante o tempo e porque as falhas se alinharam. Baseado nisso, o investigador precisa responder estas perguntas a fim de começar a resolver o problema.



**Figura 3** – Swiss Cheese [DEKKER, 2002].

- e) Trabalhar em ambientes complexos muitas vezes requer trabalhar em equipe. Esta afirmação se faz presente na maioria das operações da aviação civil. Não somente o trabalho, mas a detecção do erro e sua recuperação também precisam ser feito em equipe. Falhas nesse processo muitas vezes são chamadas de “falha no CRM” e se devem por vários motivos, como diferença nos objetivos dos membros da equipe, diferença na percepção da situação, problemas com a hierarquia do time e etc.

Após estes fatos, [DEKKER, 2002] afirma que aprender com o erro deve ser o alvo de qualquer investigação, e que nesta perspectiva há uma janela de oportunidades. Somente investigar não garantirá o sucesso da operação, pois aprender é mais do que somente colher evidências de algo que deu errado. Aprender é modificar crenças e suposições, porém isso pode ser um problema em muitas organizações.

#### 4 UM CONTRAPONTO AO ARGUMENTO DE DEKKER

É compreensível que a análise em retrospectiva de ações pretéritas, feitas por terceiros, sob circunstâncias que valiam naquele momento das ações, usando dados que estavam disponíveis (ou não) naquele momento das ações, é uma tarefa difícil e pode levar a conclusões indevidas. Mas então propõe-se o seguinte experimento mental: considere-se o caso de um acidente em que pessoas cometeram violações de regulamentos ou procedimentos os quais, se seguidos, teriam evitado o acidente; neste experimento os atores tinham conhecimento de tais regulamentos ou procedimentos, estavam treinados sobre eles, mas, ainda assim, optaram naquele momento por não os cumprir. Em uma situação como esta, segundo [DEKKER, 2002], para maior eficiência no processo de se evitar o mesmo acidente no futuro, o correto seria não atribuir a causa do acidente a erro humano, mas sim ir fundo nas circunstâncias que cercaram os atores no momento e antes do acidente. Como já mencionado anteriormente, Dekker argumenta que rotular um caso como este de “erro humano” é um argumento difícil de ser invalidado cientificamente, porque não contém a decomposição dos motivos que levaram ao uso do rótulo.

Contudo, o autor não apresenta dados estatísticos que sustentem o seu argumento de que organizações onde situações similares tiveram suas causas atribuídas ao “erro humano” apresentam processos de prevenção de acidentes menos eficientes do que organizações que seguem a estratégia preconizada pelo autor. Assim, da mesma forma, pode-se argumentar que a tese do autor é difícil de ser invalidada cientificamente e padece do mesmo mal que ele atribui à tese oposta.

#### 5 O ACIDENTE

O voo 801 da Korean Air, executado por uma aeronave Boeing 747-300, com 2 pilotos, um engenheiro de voo, 14 comissários de bordo e 237 passageiros, partiu do Aeroporto Internacional de Kimpo, na Coreia do Sul no dia 6 de agosto de 1997, com destino ao Aeroporto Internacional A. B. Won Guam, na ilha de Guam, um território na região da Micronésia, no continente da Oceania. Após ser liberado para pouso na pista 6L, a aeronave colidiu contra um terreno alto (Nimitz Hill) a 3 milhas ao sul do aeroporto. No acidente, 228 pessoas morreram. Dos 26 sobreviventes, 23 eram passageiros e 3 eram comissários de bordo. A figura 3 mostra o perfil lateral da trajetória da aeronave à medida que descia em direção ao pouso.

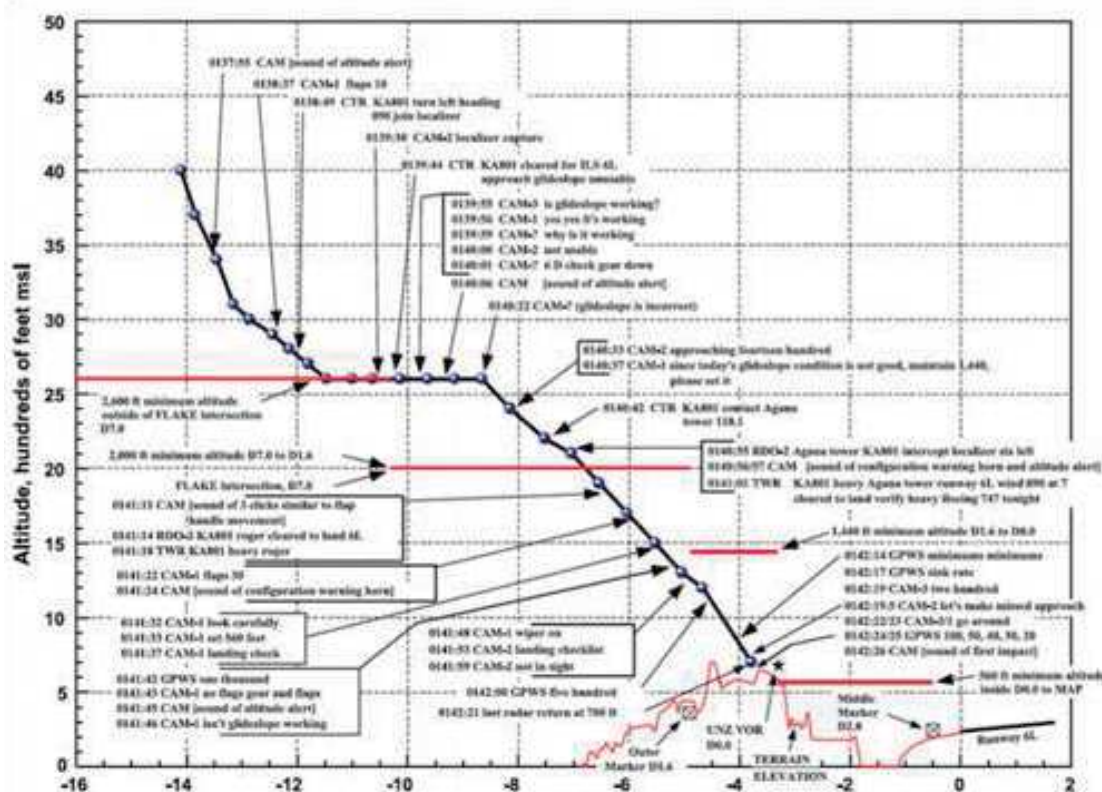


Figura 4 – Vista lateral dos dados de radar de controle de voo [NTSB, 1997].

Já na aproximação para pouso, o comandante, o primeiro oficial e o engenheiro de voo por várias vezes cogitaram o uso do glideslope, muito embora tivessem sido notificados pelo controle de voo de Guam que o mesmo estava inutilizável. O glideslope chegou a apresentar sinais espúrios de funcionamento, o que pode ter sido a causa das conversações sobre ele dentro da cabine, chamando indevidamente a atenção da tripulação de cockpit para o mesmo.

Pela gravação do CVR (Cockpit Voice Recorder), o piloto demonstrava cansaço (chegou a expressar que estava com muito sono) e estava estressado com a aproximação sem visibilidade, com chuva e sem glideslope. Aparentemente um dos fatores desse acidente foi a falta de habilidade do comandante em executar a aproximação nessas condições; soma-se a isso a comunicação pobre na cabine de comando e a falha nas interações entre as pessoas no cockpit. Há também o fato de que o sistema de alerta de altitude mínima segura (Minimum Safe Altitude Warning - MSAW) do controle de voo de Guam estava inibido desde 1995 pela FAA.

O comandante parece também ter se confundido com a posição do DME, o qual ele achava que se encontrava fixado próximo à pista, quando na verdade estava fixado 3 milhas ao sul do aeroporto (próximo ao local onde a aeronave colidiu), o que o levou a pensar que estava muito mais próximo (horizontalmente) à pista do que realmente estava.

Nos momentos finais, houve pouca assertividade por parte do primeiro oficial e do engenheiro de voo no monitoramento das ações do comandante e em demandá-lo a executar o go-around, o que parece ser uma característica das companhias orientais, em que a hierarquia prejudica a assertividade. Some-se a isso o fato de que o primeiro-oficial não tinha o treinamento de CRM exigido pela companhia e era a primeira vez que voava com aquele comandante. Além disso, a tripulação de cockpit não deu a devida atenção para a altitude do rádio-altímetro, mas sim para a do altímetro barométrico, o que contribuiu para uma maior proximidade com o solo, o qual estava mais alto do que o esperado (era um terreno elevado chamado Nimitz Hill, o qual pode ser visto na figura 3, mas não era mostrado na carta de aproximação ILS da pista 6L de Guam). Por fim, o comandante titubeou em aceitar o go-around que havia sido sugerido mais de uma vez pelo primeiro-oficial e pelo engenheiro de voo, perdendo segundos preciosos para iniciar a ação que poderia ter evitado o Controlled Flight Into Terrain (CFIT) se tivesse sido tempestiva. E, ainda assim, ao iniciar a ação, o fez de maneira lenta e ineficaz, segundo o CDR (Cockpit Data Recorder).

Como já mencionado, outro fator contribuinte foi o fato de que o sistema de alerta de altitude mínima segura (MSAW) do controle de voo de Guam ter sido inibido pela FAA, desde fevereiro de 1995, sob o motivo de que estava gerando muitos alertas falsos para os controladores de voo. Caso não estivesse inibido, poderia ter gerado um alerta aos controladores, que por sua vez poderiam ter alertado à tripulação do Korean 801.

## 6 A ANÁLISE

O relatório deste acidente possui inúmeras afirmações que vão contra as ideias de Dekker. Primeiramente, é visível o viés que o relatório final da investigação coloca sobre o erro humano da tripulação. Por muitas vezes, este fator é colocado como a causa do evento, o que é contra as ideias apresentadas na primeira parte deste trabalho, que considera o erro humano como um sintoma organizacional. A tripulação estava fazendo seu melhor no momento, e devido a vários fatores contribuintes, seu desempenho foi prejudicado, levando ao acidente. De acordo com [DEKKER, 2002], não se deve focar no erro em si, mas no meio que levou a ele. O relatório não cita recomendações sobre isso, mostrando que o problema foi local, e não sistêmico.

Os eventos que ocorreram pouco antes do acidente refletem vários padrões de erro que Dekker desdobra em seu trabalho. A tripulação recebeu sinais por vezes duvidosos do glideslope, e mesmo assim continuou com o procedimento. Este acontecimento é um claro exemplo do padrão em que se continua com o plano, mesmo recebendo sinais externos para mudá-lo. No momento, a tripulação considerou que os inputs eram mais fracos que o plano previamente decidido (seguir o procedimento), levando a seguir o sinal, mesmo tendo sido alertados pelo controle que o glideslope estaria inoperante.

O relatório destaca a falta de habilidade do comandante em executar aquele procedimento e o erro em perceber a distância DME. Ambas as afirmações são controversas, já que estas atividades são consideradas básicas para um comandante de uma das maiores aeronaves do mundo (B747). O relatório afirma estes pontos, mas não faz a ligação com o cansaço e estresse da tripulação, que por sua vez é um claro sinal de pressão por resultados e cultura organizacional da empresa. Quem sabe o desempenho do comandante teria sido diferente se este estivesse descansado da última jornada de voo? Uma investigação deve sempre focar nos fatores distantes ao acidente (fatores organizacionais), invés de focar nos próximos ao mesmo, já que erros nunca são locais, mas sim organizacionais.

Todos estes pontos mostram uma falha em analisar os fatos. Da forma como os dados finais foram apresentados, fica clara a intenção de julgar as decisões tomadas pela tripulação, o que é falho, já que este julgamento se baseia no conhecimento que se possui no momento, enviesando a conclusão. As conclusões apresentadas não focam na visão das pessoas no momento do acidente, mas sim na visão que elas deveriam ter tido no momento do evento. A menção da falta de assertividade por parte do copiloto é outro ponto a ser destacado, mas esta atitude, muito provavelmente, foi influenciada pela cultura organizacional das empresas asiáticas, em que o comandante dificilmente é contestado, e pela falta de treinamento que o profissional teve por parte da empresa, que deveria ter-lhe fornecido o curso de CRM.

Além de todos estes fatores, o terreno onde a aeronave colidiu não estava mostrado na carta do procedimento ILS para a pista em uso. Isso soma-se ao fato que o sistema de alerta de altitude mínima (MSAW) não estava funcionando. Podem-se interpretar todas estas situações pela Teoria do Queijo Suíço, na qual se constata que vários fatores, sejam eles organizacionais ou técnicos, se alinharam e levaram ao acidente. O problema deste raciocínio é que apesar desta afirmação, não se sabe por que estes erros se alinharam, o que não contribui para o resultado final da investigação, que é aprender com os erros e não somente mostrá-los, acusando os culpados.

## 7 CONCLUSÃO

Neste artigo se apresentou vários pontos e teorias defendidas por Dekker em suas obras. Foi utilizado principalmente a obra “The Field Guide to Human Error Investigation” na qual o autor argumenta que apontar “erros humanos” como causas de acidentes, quaisquer que sejam as situações, é ineficiente para a prevenção de novos acidentes. Também se apresentou um contraponto a esse argumento, o qual, apesar de ter muito apelo à intuição, não vem acompanhado de dados empíricos que o sustentem. Por fim é apresentado um estudo de caso da investigação do acidente do voo Korean Air 801 de 1997 à luz dos argumentos e dos passos elucidados no trabalho.

## REFERÊNCIAS

- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Painel SIPAER**: Nova Ferramenta de Prevenção. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/index.php/component/content/article/1-comunicacao-social/1855-painel-sipaer-nova-ferramenta-de-prevencao>> Acesso em: 27 abr. 2017.
- DEKKER, S. W. A. **The Field Guide to Human Error Investigations**. Aldershot: Ashgate. 2002
- DEKKER, S. W. A. **Ten Questions About Human Error**. Nova Iorque: CRC Press. 2005.
- ESTADOS UNIDOS. National Transportation Safety Board. **Aircraft Accident Report**: Controlled Flight Into Terrain - Korean Air Flight 801. NTSB, Washington, DC, 1997.
- REASON, J. **Human Error**. England: Cambridge University Press. 1990.

---

# Indicadores de Segurança Operacional: Processo para Definição e Revisão dos Indicadores de Desempenho

Marx Ferreira de Araújo<sup>1</sup>

1 Piloto Comercial de Aeronaves de Asa Fixa. Bacharel em Aviação Civil pela Universidade Anhembi Morumbi. Pós-graduado pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada com ênfase em Engenharia Aeronáutica e Segurança de Sistemas Aeronáuticos. Desde 2012 atua como tripulante operacional das aeronaves Phenom 100 e Phenom 300 (EMBRAER). Gerente de Segurança Operacional na empresa Avantto, onde coordenou a homologação do selo de qualidade IS-BAO e vem participando e coordenando atividades de desenvolvimento de segurança operacional.

---

**RESUMO:** O conceito de segurança operacional definido pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), em conformidade com a International Civil Aviation Organization (ICAO) Annex 19 Safety Management, determina que: “É a situação na qual o risco de lesões às pessoas ou danos às propriedades (consequências) é reduzido e mantido em, ou abaixo de, um nível aceitável, mediante um contínuo processo de identificação de perigos e gerenciamento de risco”, logo, nota-se uma complexibilidade entre a identificação e medição de desempenho da segurança operacional. Considera-se o risco zero um conceito inexistente desde os primórdios da aviação. Na tratativa da globalização, tendo em vista um expressivo aumento na demanda por voos, são requeridos sistemas inibidores, que tenham a capacidade de: identificar, classificar, aferir e ter um alto comprometimento com a rastreabilidade do controle do risco identificado. Tais sistemas devem quantificar e mensurar índices utilizando uma metodologia cultural proativa e preditiva, reduzindo índices reativos, e elevando o gerenciamento da segurança operacional a uma curva exponencial de crescimento da maturidade. O presente trabalho objetiva apresentar tipos de indicadores, utilizados em organizações que visam obter controle de rastreabilidade e análise de tendências futuras, em suas operações, são eles: Lagging - uma tradicional métrica de indicador de segurança, baseado nos incidentes e/ou acidentes já ocorridos na organização, indica o progresso através do cumprimento das regras criadas para aumentar o nível de consciência situacional da organização como um todo; Leading - este indicador está focado no desempenho futuro da organização, obtido através de reportes voluntários, monitoramento de dados de voo, monitoramento de performance operacional, dados de avaliações de risco, entre outros. O leading indicator está diretamente inserido em uma cultura de análise de tendências, agindo de maneira proativa e preditiva. Assim, um assertivo gerenciamento de risco tem como chave a capacidade de antecipação, monitoramento, e desenvolvimento sistêmico de seu desempenho operacional, unificando segurança e qualidade. Este gerenciamento deve expandir-se a todos os níveis organizacionais através da avaliação dos indicadores citados. Tendo em vista a demanda crescente por altos padrões de qualidade, e a intolerabilidade aos erros, a avaliação dos indicadores de segurança operacional é de suma importância na idealização do risco mínimo, impondo-se assim sua necessidade contínua de aprimoramento.

**Palavras Chave:** Indicadores de Desempenho. *Lagging*. *Leading*. Segurança Operacional.

## Safety Indicators: A Process for the Definition and Revision of Performance Indicators

**ABSTRACT:** The concept of operational safety defined by the National Civil Aviation Agency (ANAC), in accordance with the International Civil Aviation Organization (ICAO) Annex 19 Safety Management, states that: "This is the situation where the risk of injury to persons or damage to properties (consequences) is reduced and maintained at or below an acceptable level through a continuous process of hazard identification and risk management ", hence there is a complexity between the identification and measurement of safety performance. Zero risk is a concept that did not exist since the early days of aviation. In the process of globalization, in view of a significant increase in the demand for flights, inhibiting systems are required, which have the capacity to: identify, classify, measure and have a high commitment to the traceability of identified risk control. Such systems must quantify and measure indices using a proactive and predictive cultural methodology, reducing reactive indices, and raising operational safety management to an exponential growth curve of maturity. This paper aims to present types of indicators, used in organizations that aim to obtain traceability control and analysis of future trends, in their operations, they are: Lagging - a traditional security metric, based on incidents and / or accidents already occurring in the organization, indicates progress by complying with the rules created to raise the level of situational awareness of the organization as a whole; Leading - this indicator is focused on the future performance of the organization, obtained through voluntary reports, flight data monitoring, operational performance monitoring, risk assessment data, among others. The leading indicator is directly embedded in a culture of trend analysis, acting proactively and predictably. Thus, assertive risk management is key to the anticipation, monitoring, and systemic development of its operational performance, unifying safety and quality. This management should be expanded to all organizational levels through the evaluation of the mentioned indicators. Given the increasing demand for high quality standards and the intolerability of errors, the evaluation of safety indicators is of paramount importance in the idealization of the minimum risk, thus imposing its continuous need for improvement.

**Key words:** Performance Indicators. *Lagging*. *Leading*. Operational Safety.

**Citação:** Araújo, MF. (2017) Indicadores de Segurança Operacional: Processo para Definição e Revisão dos Indicadores de Desempenho. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 73-81.

## 1 INTRODUÇÃO

Os indicadores de desempenho de segurança operacional Safety Performance Indicators (SPI's) medem vários aspectos de segurança em aviação, podendo ter um foco operacional e/ou humano. Muitas áreas de medição de tendência de segurança operacional se concentram em incidentes graves e acidentes, devido à facilidade na identificação dos fatores latentes e das causas prováveis.

Na tratativa da gestão de segurança operacional, o foco nos eventos negativos deve ser considerado de maneira cuidadosa, uma vez que:

- Em sistemas como os da aviação, baixos números de resultados negativos, mesmo expostos a um alto risco, podem gerar o falso sentimento de segurança devido sua baixa frequência;
- A informação de um resultado negativo é apresentada de forma tardia, visto que são obtidos após os eventos;
- Obtendo valores finais de resultados negativos dentro de um ambiente controlado, não é possível revelar qualquer fator sistêmico, perigos ou condições latentes que podem levar a um incidente grave ou mesmo acidente;
- Quando existem falhas na capacidade de adaptação à mudanças dentro do sistema de segurança operacional, resultados inesperados são mais prováveis de acontecer. Tais resultados podem chamar atenção indevida e os recursos, escassos, podem ser utilizados de formas incorretas.

Ao analisar a complexibilidade do sistema de aviação, existem diversas interações, dependências e parâmetros que podem alterar os resultados finais da segurança, não sendo possível estabelecer uma relação linear entre parâmetros específicos de tendências em segurança operacional.

Segurança operacional não significa ausência do risco, uma vez que risco zero é um conceito utópico. No entanto, a criação de sistemas específicos que atuem diretamente nas mitigações dos riscos já conhecidos, visando à criação de um processo de rastreabilidade, é altamente necessário. A partir da implantação de um sistema que irá controlar e detectar a diminuição dos níveis de alerta sobre os riscos já conhecidos, gerando um linear médio, podemos identificar numericamente linhas de tendências, que demonstram desvios padrões somados a um standard, criando alertas para possíveis falhas dentro do sistema de gerenciamento de riscos.

A International Civil Aviation Organization, ICAO, sugere que; visando a garantia da efetividade do controle de riscos, é necessário o desenvolvimento e manutenção de meios que demonstrem a verificação do desempenho da segurança operacional. Diretamente relacionada a esta recomendação, os SPI's são os gabaritos para medição dos indicadores de segurança. Esta medição deverá ser focada nas características de um sistema no qual haja intenção da garantia de resultados. São estes elementos identificados que irão dar uma direção sobre controles específicos de segurança e barreiras para quaisquer riscos identificados. O presente estudo visa apresentar uma metodologia de medição de fatores externos que atuam diretamente nos controles de riscos, nas barreiras e mitigações propostas.

Dentro da indústria os principais medidores de desempenho foram precedidos pelo International Organization of Standardization (ISO 9000), onde resultados antes impossíveis de serem medidos passam a ser inseridos em um processo e sistemas, facilitando assim sua visualização em um plano melhor definido. Na figura 1, são demonstrados os componentes organizacionais identificados para a manutenção do controle de gerenciamento de risco.



Figura 1- Os 10 componentes organizacionais da segurança operacional - ICAO

## 2 MEDIÇÃO DE TENDÊNCIAS EM ASPECTOS DE SEGURANÇA OPERACIONAL

Risco é a combinação entre a probabilidade de um evento e sua severidade. A segurança operacional é identificada por seu aspecto probabilístico, por esse motivo existe uma grande dificuldade em mensurar os resultados negativos, entendendo que a ausência de resultados negativos não necessariamente significa ausência de risco.

Através de análises, avaliações e da coesa entrega das atividades de segurança, organizações conseguem formar a base para a criação e definição da política de segurança operacional, pontuando seus objetivos e sua metodologia de medição de desempenho da segurança.

O gerenciamento da segurança operacional requer uma aproximação sistêmica assim como qualquer outro elemento de gerenciamento dentro do mundo corporativo. De acordo com o Safety Management Manual SMM DOC 9859 (Third Edition 2013, p. 2-19), uma das formas da garantia do sistema, que irá providenciar dados reais e essenciais, são os reportes voluntários. Suas principais atribuições são:

- Ser um guia dentro de seu gerenciamento à correta alocação de recursos, visando à diminuição de perdas;
- Validar as análises e planejamentos da funcionalidade dentro da organização, relacionada a área de segurança operacional;
- Tendem a demonstrar o quanto a cultura de segurança organizacional está implantada, tendo em vista que uma vez tratado e divulgado para conhecimento de todos, os reportes voluntários aumentam a credibilidade da organização na segurança.



**Figura 2-** O ciclo da medição de Safety Performance Indicators

O reporte voluntário é apenas um exemplo de metodologia de obtenção de dados sistêmicos que é utilizado para identificar e acompanhar indicadores de performance da segurança operacional. Uma efetiva métrica de avaliação de desempenho em segurança operacional irá garantir o fomento na qualidade do sistema e também criar oportunidades de elevar o nível de eficiência e capacidade, uma vez que pontua e demonstra os principais pontos a serem mudados.

## 3 DEMONSTRAÇÃO TEÓRICA DOS TIPOS DE SAFETY PERFORMANCE INDICATORS (SPI's).

Para identificarmos adequadamente um indicador ou um conjunto de indicadores de segurança, as características principais devem ser definidas. Usualmente é estabelecido que os indicadores de segurança devem indicar a probabilidade de um incidente e/ou acidente ocorrer. Isso significa que será necessário demonstrar um valor de probabilidade relacionado a um evento de resultados catastróficos.

Os SPI's são classificados acordo uma determinada característica específica. Diferentes tipos e níveis de classificações podem ser encontrados dentro do sistema de medição de desempenho em segurança. O Safety Management Manual (SMM) DOC 9859 (Third Edition, 2013) da ICAO define as principais metodologias de identificação de risco. Para cada metodologia os SPI's podem ser utilizados, resultando assim em diferentes tipos de indicadores. As principais metodologias são:

- Reativo. Tal metodologia está diretamente ligada com análise de resultados de eventos passados. Os perigos ou falhas latentes são obtidos após uma investigação ser concluída.
- Proativo. Metodologia que envolve a análise de possíveis situações de perigos latentes. Primariamente identificadas em auditorias, reportes voluntários, avaliações de pessoal etc. Este processo está ligado a garantida



da segurança operacional que preconiza a busca de perigos dentro dos processos já existentes dentro da organização.

- Preditivo. Metodologia envolvida no processo de coleta de dados, visando identificar possíveis eventos que tenham resultados negativos, iniciando assim um processo de mitigação sobre tais resultados, antes de um resultado inesperado.

Indicadores que estão ligados à metodologia Reativa, são denominados *lagging indicators*. Esses indicadores conseguem mensurar perigos identificados em eventos que já aconteceram como, por exemplo; grandes acidentes, incursões de pistas, aproximações não estabilizadas, perda de motores em voo, etc. Tal modelo de indicador não é utilizado para a identificação de tendências de perigos, incidentes ou acidentes, uma vez que foram identificados em algum evento passado.

Ambas as metodologias proativa e reativa, são medidas utilizando os *leading indicators*. Tais indicadores pontuam e medem a segurança, antes de um evento acontecer. Sendo assim uma importante ferramenta à organização, pois as mitigações são planejadas, conferidas, executadas e rastreadas, garantindo que um evento com um provável resultado negativo, seja interrompido antes de seu surgimento.

### 3.1 LAGGING INDICATORS

Métrica desenvolvida para medir eventos que já tenham ocorrido, gerando resultados negativos, incluindo eventos relacionados à segurança não desejáveis dentro da organização.

Lagging indicators são indicadores de segurança que tem como única e exclusiva função, analisar eventos que tenham gerados resultados negativos no passado. São usados frequentemente visando agregar conhecimento, aumentando o nível de alerta para determinadas ocorrência ou determinadas localidades. Geram a partir da análise de tais resultados, medidas de segurança, ações, ou iniciativas que são reconhecidas como um modo de validar o sistema de desempenho de segurança da organização. A tendência dentro destes indicadores pode ser analisada através dos pontos de falhas latentes identificadas em um evento. Existem duas classificações para o lagging indicator:

- Severidade de classificação alta. Esta classificação é utilizada quando o resultado de forma negativa apresenta-se como um incidente grave ou acidente.
- Severidade de classificação baixa. São falhas que não se manifestaram em forma de um grande acidente ou incidente grave, porém dentro da análise do evento, existe a possibilidade deste evento vir a concretizar-se em um evento catastrófico quando combinados com alguma condição específica ou algum outro evento.

Na figura a seguir, podemos identificar lagging indicators, que demonstram numericamente a porcentagem de eventos já ocorridos, quantificados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). A partir de um estudo específico de uma ocorrência, buscando as falhas latentes do sistema que levaram a tais eventos, podemos criar um padrão linear e transcrevermos em um gráfico de tendência.



**Figura 4** - Dados de Lagging Indicators - Aviação Civil (Fonte: Sumário Estatístico da Aviação Particular 2007 - 2016 - CENIPA).

### 3.2 LEADING INDICATORS

Métrica que ativa um sinal de alerta, podendo ser usada na identificação de um processo deficiente ou uma falha latente, propondo assim a criação de uma mitigação coesa para o evento identificado.

Dentro de diferentes indústrias (nuclear, petroquímica, aviação, etc.), diariamente é realizado um grande esforço para a identificação dos *leading indicators*. Desde os primórdios das citadas indústrias, a busca por uma métrica ou um sinal que possa prever um evento de resultados negativos, tem sido sua grande ambição, pois pesquisadores de segurança entendem que ao prever tais eventos, barreiras seriam levantadas nos locais corretos, minimizando perdas, danos e sinalizando corretamente onde aplicar os recursos de forma assertiva.

Os *leading indicators* possuem a capacidade de realizar uma análise futura para ambos os resultados, sejam eles positivos ou negativos. Dentro do âmbito de gerenciamento de segurança operacional, é de suma importância a rastreabilidade dos indicadores positivos tendo em vista a preservação e a correta utilização de tais indicadores.

Os *leading indicators* positivos são identificados como relevantes para uma visão gerencial, pois são utilizados para influenciar de forma positiva visando a criação de ações e melhorias dentro do sistema de gerenciamento de segurança operacional.

Os *leading indicators* negativos são aqueles que identificam dentro do sistema de gerenciamento da organização pontos fracos, falhas latentes, vulnerabilidades do sistema, determinando assim um alerta sobre tais eventos ou processos, tendo como resposta a tais itens identificados uma ação de mitigação, uma barreira que irá deter futuros resultados negativos.

Estes dois conceitos de SPI's, são utilizados usualmente dentro do mercado financeiro, onde economistas os utilizam para medir a saúde da economia. Em aviação são indicadores relativamente novos, tendo em vista a dificuldade na medição dos eventos e de sua correta utilização, porém com o avançar de estudos, os quais classificam ambos como indicadores coesos, passaram a ser itens mandatórios dentro da análise de desempenho de segurança operacional.

Para melhor garantia de um resultado preciso dentro da análise de desempenho, deve-se altamente considerar a utilização da combinação de ambos indicadores; Lagging Indicators e Leading Indicators.

Utilizando o lagging indicator, como indicador de severidade baixa, torna-o efetivo para identificar barreiras e processos mitigatórios de eventos derivados do leading indicator.

O principal propósito da utilização destes atributos sistêmicos e operacionais é obter um gerenciamento efetivo sobre todo âmbito de segurança.

## 4 MODELO DE LEADING INDICATORS

A literatura apresenta diferentes tipos de caracterização de SPI's. Por exemplo, HSE (2006) define os *leading indicators* da seguinte forma: "O leading indicator identifica falhas ou "buracos" em aspectos vitais de um sistema de controle de risco, descobertos durante uma checagem de rotina de uma atividade crítica com um sistema de controle de risco ativo. "

É notório o conhecimento adquirido com eventos que ocorram dentro da mesma fatia de mercado para os operadores das diversas classes de aviação.

Visando um coeso acompanhamento de tendência de incidentes e acidentes, faz-se necessário criar um comparativo entre empresas e/ou números da autoridade aeronáutica local, na busca de valores significativos.

Abaixo será descrito uma abordagem proposta pelo autor, de acordo SMM ICAO, para comparar os Key Performance Indicators KPIs de uma determinada companhia aérea, com os da autoridade aeronáutica local, a uma média nacional;

- a) Identifique os indicadores de desempenho (KPIs) de interesse;
- b) Estabeleça uma taxa comparativa do indicador de desempenho selecionado, essa taxa será comparada com os valores de um provedor de serviço aeronáutico;
- c) Determine a taxa de ocorrência do indicador de desempenho dentro da companhia.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DO INDICADOR DE DESEMPENHO

Muitos profissionais de segurança operacional utilizam ferramentas de programas que identificam os corretos indicadores de desempenho de acordo valores buscados pelo gestor. Tais indicadores permitem ao gestor medir o progresso dos principais elementos operacionais.

Diversas variáveis são analisadas para a correta utilização destes indicadores:

- a) Tipo de classificação do sistema de indicadores de desempenho:
  - Causas raiz;
  - Localização (geográfica ou funcional);
  - Perigos já identificados;
  - Política e procedimentos;
  - Segurança Operacional, segurança patrimonial, qualidade, compromisso, entre outras.
- b) Efeitos sazonais para escolha do indicador de desempenho:
  - Época do ano (temporada de furacões, inverno, verão...);

- Grandes eventos como Copa do Mundo e Jogos Olímpicos;
  - Peregrinações religiosas ou grandes eventos religiosos.
- c) Pontos focais pré-definidos dentro da empresa para definição dos indicadores de desempenho:
- Funcionários feridos;
  - Passageiros feridos;
  - Equipamentos danificados;
  - Pontualidade.

Para o exemplo a seguir será utilizado um perigo já identificado dentro do “tipo de classificação de sistema”.

Após levantamento de dados da autoridade aeronáutica local é identificado a ocorrência de 2,5 colisões com pássaros para cada 10.000 operações, no período de 2010 a 2015.

A partir da informação acima o desafio do gestor de segurança operacional é comparar 2,5 ocorrências para cada 10.000 operações, com o número de ocorrência da mesma classificação dentro da organização. Para o embasamento da modelagem proposta por este artigo, será considerada a taxa de normalização igual a 10.000.

Dentro do mesmo período de referência, o gestor deverá determinar qual a quantidade de eventos similares que ocorreram dentro da organização e o número de operação.

Após obtenção dos referidos dados, o gestor deverá ajustar os diferentes valores de escala, buscando criar um dado comparativo.

A taxa de normalização que visa o ajuste de diferentes escalas a uma escala comum, pode ser obtida pela multiplicação da frequência da classificação do indicador pela taxa de normalização dividida pelo número de operações do período selecionado (decolagens/pousos ou horas).

$$\frac{\text{Nº de eventos X taxa de normalização}}{\text{Nº de operações}}$$

Após identificar os valores para os tipos de indicadores selecionados, projetando-os em uma tabela de MS Excel, iremos obter um gráfico similar ao seguinte:

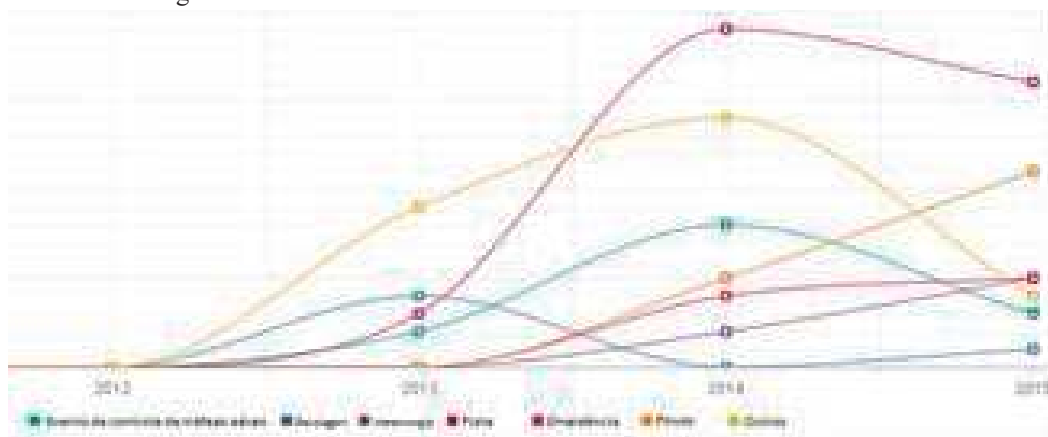


Figura 5 – Exemplo Leading Indicator (Fonte: SMS PRO 2015).

## 5 MODELAGEM PROPOSTA PELA ICAO NO DOC 9859 – SAFETY PERFORMANCE INDICATORS

Os indicadores de desempenho de segurança foram desenvolvidos visando o monitoramento de eventos e perigos conhecidos, a detecção de novos perigos dentro das operações e alocação assertiva das barreiras de mitigações. Com a visualização numérica em gráficos, onde há expressiva demonstração de tendências, estes gráficos foram desenvolvidos para, além de dar maior visibilidade ao gestor de segurança da organização, caminhar próximo da autoridade aeronáutica.

Dentro das organizações, a demonstração de seu sistema de análise e coleta de dados, normalmente é representada por gráficos e tabelas. Em sua grande maioria utiliza-se um sistema de qualidade convencional de seus sistemas de gerenciamento, apresentando algo de fácil compreensão e confecção.

Buscando a criação de um gráfico confiável e que demonstre uma análise de tendência, é necessário que a organização busque uma coleta de dados frequentes.

A criação uma rotina de análise de reporte e compilação de dados mensais, bimestrais ou até trimestrais, é o marco zero para identificar tendências.

Ao identificar os eventos que serão analisados, tais ocorrências deverão compor uma taxa de eventos, que será obtida pelo número de horas voadas divididas pelos eventos em questão. A partir deste momento o operador consegue acompanhar mensalmente a flutuação da tendência da taxa de eventos periódicos. O próximo ponto será transformar tais taxas em um indicador de medição de desempenho de um determinado sistema de segurança, criando alvos e níveis de alerta para um período pré-determinado.

O estabelecimento de um nível de alerta está diretamente conectado a perspectiva do monitoramento dos riscos dentro da organização. O princípio da criação do nível de alerta é a delimitação da área entre um desempenho aceitável de um não aceitável. O método proposto pelo DOC 9859 da ICAO é a consideração de um desvio padrão e da média de valores anteriormente calculados para determinado indicador. Os dois valores identificados, serão utilizados para a determinação do nível de alerta a ser medido em um próximo período.

Para a confecção e criação dos indicadores de desempenho de segurança, iremos demonstrar a lógica de seu desenvolvimento.

O critério da identificação numérica do nível de alerta é baseado em uma métrica de desvio padrão básico, representado pela fórmula de Excel “=STDEVP”. Para a obtenção do resultado manualmente, o cálculo do desvio padrão pode ser obtido com a seguinte fórmula numérica;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \mu)^2}{N}}$$

Onde:

- $\sigma$  = Desvio padrão;
- $x$  = Valor da quantidade de eventos mensais;
- $\mu$  = Média dos valores de eventos anuais;
- $N$  = Número total de meses de um determinado período a ser analisado.

A lógica do desenvolvimento do modelo proposto pela ICAO será apresentada no apêndice deste artigo.

## 6 CONCLUSÃO

O presente artigo propõe à adoção de um modal direcionado a análise de tendência de desempenho gráfica, adicionando a métodos probabilísticos de análise de risco clássicos, regularmente difundida no meio de segurança operacional, tornando-o assim um produto final com maior qualidade e efetividade. A proposta da utilização de SPI's está direcionada a um estudo dentro das organizações, onde irá proporcionar uma visão clara sobre todo o panorama operacional, suas falhas latentes e futuros perigos dentro de suas operações diárias.

A utilização dos *lagging indicators* fortalece a cultura de segurança operacional do grupo, pois determina dentro dos procedimentos padrões já instituídos, aprovados e utilizados, uma nova ótica, buscando pontos fracos e após sua identificação, criação de barreiras de mitigação.

Os sistemas de aviação são complexos, dinâmicos e são resultantes de inúmeras inteirações com fatores humanos e operacionais. Tendo em vista o dinamismo do sistema, sugere-se que os indicadores propostos sejam acompanhados periodicamente, pois com o resultado de sua média demonstrada, pode-se identificar uma tendência futura. Níveis de alertas criados graficamente disparam um alarme visual dos eventos que tem se destacado entre os demais.

A modelagem mais utilizada é da análise de um perigo relatado, um formato reativo que em sua maioria não consegue identificar um correto mapeamento de tendência, ficando preso a um olhar imediatista, onde ações são tomadas após o fato ser consumado. Com o avanço tecnológico, sistemas de segurança operacionais devem ter em seu maior percentual um olhar proativo e preditivo, utilizando os *leading indicators* como principal modal de medição de eventos futuros, buscando assim a supressão de resultados negativos.

Para a correta escolha de todos os indicadores a serem utilizados, necessita-se um amplo estudo, buscando em seu ambiente operacional quais pontos devem ser considerados para os efeitos positivos desejados. Dentro da literatura encontramos diversos indicadores de segurança, porém muitos não correspondem a realidade de determinadas organizações, este é o motivo do grande esforço realizado pelas indústrias petroquímica, nuclear e de aviação, em busca de indicadores que demonstrem a transparência da organização.

Para concretização de tal proposta, a ICAO desenvolveu e publicou em seu Safety Management Manual (SMM) um SPI Chart, exemplificando todo processo gráfico numérico do desenvolvimento de tal tabela demonstrativa. Ainda em seu manual a ICAO recomenda dentro das melhores práticas de Safety Management System (SMS) o acompanhamento de tendências dentro de todo âmbito operacional, utilizando assim de maneira preditiva o sistema de gerenciamento de segurança de uma organização.

Conclui-se a partir desde breve estudo, que a busca pelo melhor indicador dentro dos modelos de indicadores preditivo e proativo, faz parte das melhores práticas adotadas pela indústria aeronáutica. Este artigo sugere um estudo detalhado para o enquadramento dos indicadores dentro dos vários modais que existem na indústria, aumentando assim o nível de alerta dentro de um sistema dinâmico e com uma grande gama de inteirações com diversos fatores variáveis.

## AGRADECIMENTOS

À Avanto Administração de Aeronaves e seu CEO Rogério Andrade, que acreditou em minha capacidade profissional para estar a frente da Gerência de Segurança Operacional. À Professora Mestre Tatiana de Miranda Jordão, que pacientemente tem

sido minha mentora em diversos projetos, atendendo sempre com disponibilidade e paciência todos meus questionamentos. Minha profunda e sincera gratidão a todos que me apoiaram e participaram da minha formação como profissional.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Sumário estatístico de aviação particular**. 2017. Disponível em: <<http://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/estatisticas/panorama>> Acesso em 07 jul. 2017.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução Nº 106, de 30 de junho de 2009. **Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional para os Pequenos Provedores de Serviço de Aviação Civil (SGSO – P-PSAC)**. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/RA2009-0106.pdf>> Acesso em 25 maio 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 58-1: Panorama Estatístico da Aviação Brasileira**. Brasília, 2015.
- COOK I.; UPTON G. **A Dictionary of Statistics**. Oxford University. 2 ed. Rev. 2014.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). **Developing Process Safety Indicators**. HSE Books, 2006.
- HERRERA I. A.; HOLLNAGEL E.; HÁBREKKE S. The challenges in defining aviation safety performance indicators. In: 10th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference (PSAM), Seattle, 2010. [**Trabalho apresentado**]. Disponível em: <<http://www.nlr-atsi.nl/downloads/the-challenges-in-defining-aviation-safety-per.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2016.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). Doc 9859: Safety Management Manual (SMM). 3 ed. Montreal: Canadá, 2013. Disponível em: <<http://www.icao.int/safety/SafetyManagement/Documents/Doc.9859.3rd%20Edition.alltext.en.pdf>> Acesso em: 12 maio 2016.
- NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. US National Library of Medicine. **A Comparison of Leading and Lagging Indicators of Safety in Naval Aviation**. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20597248>> Acesso em: 02 jun. 2016.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). Guidance on Developing Safety Performance Indicators. **Series on chemical accidents**, No. 18, 2 ed. 2008.
- PIETIKÄINEN E.; REIMAN T. Leading indicators of system safety – Monitoring and driving the organizational safety potential. **Safety Science Journal**, v 50. 2012.
- POWEL R. Accident and incident monitoring in aviation. 2013 [**Apresentação**]. Disponível em: <<http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/4>. Rowan POWEL - EASA.pdf.> Acesso em: 01 jun. 2016.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Laboratório de Estatística e Geo Informação LEG**. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~silvia/CE055/node25.html>> Acesso em: 01 jun. 2016.



---

# Inspeção de Saúde: um dos Pilares da Segurança de Voo

Tatiana Yukiko Kunisawa<sup>1</sup>, Fabiane Rocha Boglietti<sup>2</sup>, Humberto Baldessarini Pires<sup>3</sup>, Mario Sergio Pineda Guerra<sup>4</sup>, José Francisco Guida Motta<sup>5</sup>

1 Tenente QOCON Med, graduou-se em Medicina pela Universidade Severino Sombra – Vassouras/RJ em 2010. Possui Pós-graduação em Perícias Médicas pela Fundação Unimed (2013) e pela Universidade Brasil (2015). Possui Pós-graduação em Medicina do Trabalho pela Universidade Brasil (2016). Participou em 2015 do 1º Curso Básico de Perícia Médica na Aviação Civil da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Foi integrante da Primeira Turma de Mulheres do Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea (2003). Atuou por 4 anos como Médica no setor de Juntas de Saúde na Base Aérea de Natal (2011-2014). Atualmente, exerce atividade médica na especialidade de Clínica Médica, participando das inspeções de saúde de aeronavegantes na Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ).

2 Tenente QOMed, graduou-se em Medicina pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2004. Concluiu o Programa de Residência Médica nas especialidades de Clínica Médica em 2006 e em Nefrologia em 2008 pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participou do Programa de Especialização Aprofundada em Nefrologia pela Universidade Paris Diderot (2009 e 2010). Possui Mestrado em Imunologia pela Universidade Paris Descartes (2011). Participou em 2015 do 1º Curso de Reciclagem para Médicos da Junta Especial de Saúde pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Atualmente, exerce atividade médica na especialidade de Clínica Médica, participando das inspeções de saúde de aeronavegantes na Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ).

3 Capitão QOAV, graduou-se em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea em 2004. É Oficial de Segurança de Voo formado pelo CENIPA em 2011. Possui MBA em Sistemas de Gestão Integrada pelo Centro Universitário do Rio Grande do Norte (2014). Possui Especialização em Análise do Ambiente Eletromagnético pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2014). Possui Mestrado em Ciências e Tecnologias Espaciais, na área de Química dos Materiais, pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2016). Atualmente, é Oficial Adjunto da Divisão de Doutrina do Comando de Preparo (COMPREP).

4 Tenente Coronel QOMed, graduou-se em Medicina pela Faculdade de Medicina da Universidade de Mogi das Cruzes em 1989. Possui Residência Médica em Cirurgia Geral pelo Hospital Municipal do Tatuapé em São Paulo (1993). Participou dos seguintes Cursos Militares: Curso de Medicina Aeroespacial em 1995; Curso de Segurança de Voo em 1997; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais em 2005; MBA em Gestão em Saúde em 2013 e Curso de Comando e Estado Maior em 2013. Atualmente, exerce o cargo de Chefe da Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ) e exerce a função de Presidente das Juntas de Saúde da Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ).

5 Tenente Coronel QOMed, graduou-se em Medicina pela Faculdade de Medicina de Campos em 1988. Possui Residência Médica em Pediatria pelo Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro. Possui Pós-graduação em Alergia e Imunologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Possui Título de Especialista em Pediatria pela Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP). Possui Título de Especialista em Alergia e Imunologia pela Associação Brasileira de Alergia e Imunologia (ASBAI). É membro da The American Academy of Allergy Asthma & Immunology (AAAAI), European Academy of Allergy & Clinical Immunology (EAACI), European Society for Immunodeficiencies (ESID) e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia (ASBAI). Exerceu a função de Membro das Juntas de Saúde da Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ) por vários anos.

---

**RESUMO:** A Inspeção de Saúde (INSPSAU) realizada pela Junta Especial de Saúde (JES) tem a finalidade de avaliar a aptidão física do piloto para a atividade aérea através da análise sistemática das condições físicas e mentais do mesmo. Atua também na prevenção de doenças e fornece orientações referentes ao tratamento específico dos diagnósticos encontrados, recomendações estas previstas pelas SARPs (Standards and Recommended Practices, ou Práticas Padronizadas e Recomendadas) presentes no Anexo I da Convenção de Aviação Civil Internacional (Convenção de Chicago) da International Civil Aviation Organization (ICAO, ou Organização de Aviação Civil Internacional - OACI) e no Manual da Medicina de Aviação Civil (Doc 8984 / ICAO). No ano de 2015, foram realizadas 167 inspeções de saúde de pilotos militares e pilotos civis pela JES da Divisão de Saúde do Grupamento de Apoio de São José dos Campos (DS/GAP-SJ), seguindo os critérios preconizados pela ICA 160-6 e pelo RBAC-67. Desse total, 154 pilotos apresentaram ao menos um diagnóstico, correspondendo a 92% dos indivíduos inspecionados. Essa é uma constatação preocupante, uma vez que cada diagnóstico encontrado, dependendo do respectivo estágio evolutivo, poderia representar um fator de risco à Segurança de Voo. Este trabalho possui como objetivo principal o levantamento dos diagnósticos médicos encontrados que poderiam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis relacionados com o Fator Humano na Segurança de Voo, destacando a importância da inspeção de saúde como um dos pilares básicos para o desempenho seguro da atividade aérea. Apresenta também o objetivo de conscientizar os pilotos quanto à necessidade da adoção de medidas preventivas em relação à saúde, o que contribui para uma melhor qualidade de vida do aeronavegante, auxiliando no aprimoramento do desempenho profissional e impactando positivamente na Segurança de Voo.

**Palavras Chave:** Inspeção. Saúde. Segurança. Prevenção. Fator Humano.

## Health Inspection: A Process for the Definition and Revision of Performance Indicators

**ABSTRACT:** The Health Inspection (INSPSAU) conducted by the Special Health Board (JES) aims to assess the physical fitness of the pilot for the aerial activity through the systematic analysis of the physical and mental conditions of the same. It also acts in disease prevention and provides guidance on the specific treatment of the diagnoses found, as recommended by the SARPs (Standards and Recommended Practices) present in Annex 1 of the International Civil Aviation Convention (Chicago Convention) of International Civil Aviation Organization (ICAO) and the Civil Aviation Medicine Manual (Doc 8984 / ICAO).

In the year 2015, 167 health inspections of military pilots and civilian pilots were carried out by JES of the Health Division of the Support Group of São José dos Campos (DS / GAP-SJ), following the criteria recommended by ICA 160-6 and by RBAC-67. Of this total, 154 pilots presented at least one diagnosis, corresponding to 92% of the individuals inspected. This is a worrying finding, since each diagnosis found, depending on its evolutionary stage, could represent a risk factor for Flight Safety. The main objective of this study is to survey the medical diagnoses that could determine the occurrence of undesirable events related to the Human Factors in Flight Safety, highlighting the importance of health inspection as one of the basic pillars for the safe performance of aerial activity. It also aims to make pilots aware of the need to adopt preventive measures in relation to health, which contributes to a better quality of life for the aircraft operator, helping to improve professional performance and positively impacting Flight Safety.

**Key words:** Inspection. Health. Safety. Prevention. Human Factor.

**Citação:** Kunisawa, TY, Boglietti, FR, Pires, HB, Guerra, MSP, Motta, JFG. (2017) Inspeção de Saúde: um dos pilares da Segurança de Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 82-88.

## 1 INTRODUÇÃO

A inspeção de saúde realizada pela Junta Especial de Saúde (JES) tem a finalidade de avaliar a aptidão física do piloto para a atividade aérea através da análise sistemática das condições físicas e mentais do mesmo, atuar na prevenção de doenças, e fornecer orientações referentes ao tratamento específico dos diagnósticos encontrados durante a mesma (COMAER, 2014), recomendações estas também previstas pelas SARPs e pelo Manual da Medicina de Aviação Civil (ICAO, 2012).

As SARPs são as práticas padronizadas e recomendadas contidas em uma série de legislações da ICAO que orientam aspectos específicos da aviação civil internacional (ICAO, 2006a e ICAO, 2006b). As SARPs que orientam critérios para a obtenção ou renovação de Licenças médicas encontram-se, principalmente, no Anexo 1 da Convenção de Aviação Civil Internacional (ICAO, 2011) e no Manual da Medicina de Aviação Civil (ICAO, 2012).

Em consonância com a ICAO, o Brasil, por meio da ANAC e da Força Aérea Brasileira (FAB), regulamenta critérios para a realização de inspeções de saúde para obtenção e revalidação de Certificados Médicos Aeronáuticos (CMAs) civis e militares. Os detalhamentos dos requisitos e das causas de incapacidade e as normas e as rotinas para a execução dos exames nas inspeções de saúde de pilotos militares estão estabelecidos na ICA 160-6 - Instruções Técnicas das Inspeções de Saúde na Aeronáutica (COMAER, 2016). No caso da Aviação Civil, os requisitos para a concessão de CMAs são definidos pelo RBAC nº 67 (ANAC, 2011).

Considerando que a realização periódica e sistemática das inspeções de saúde dos pilotos militares e civis constitui um dos pilares da Segurança de Voo, o presente artigo pretende realizar uma análise crítica do estado atual de saúde dos aeronavegantes brasileiros inspecionados pela JES da DS/GAP-SJ no ano de 2015, possibilitando o levantamento dos principais diagnósticos médicos encontrados que poderiam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis relacionados com o Fator Humano na Segurança de Voo.

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2015, foram realizadas 167 inspeções de saúde pela JES da DS/GAP-SJ, sendo 78 inspeções de pilotos militares e 89 de pilotos civis, seguindo os critérios preconizados pela ICA 160-6 e pelo RBAC-67. Desse total, 154 pilotos apresentaram ao menos um diagnóstico, correspondendo a cerca de 92% dos indivíduos inspecionados.

Cada diagnóstico encontrado representa uma condição alterada do estado de saúde do inspecionando e que pode levar ao desenvolvimento de uma ou mais doenças denominadas então, Comorbidades.

O termo Comorbidade é formado pelo prefixo latino cum, que significa contiguidade, correlação, companhia, e pela palavra morbidade, originada de morbus, que designa estado patológico ou doença (DICIO, 2017). Uma Comorbidade é definida, então, como sendo uma condição da pessoa portadora de uma doença que passa a possuir outra; junção de duas ou várias doenças e/ou estados patológicos num mesmo paciente.

As Tabelas 1 a 5 representam o Total de Inspeções de Saúde realizadas, subdivididas por categorias: Pilotos Civis (Piloto Privado - PP, Piloto Comercial - PC, Piloto de Linha Aérea - PLA) e Pilotos Militares, com os respectivos levantamentos de Comorbidades detectadas em cada categoria e de Inspeções em que foram constatadas duas ou mais Comorbidades por inspecionando, discriminados por faixa etária.



Faixa Etária (Anos)	Inspecções	Comorbidades	Inspecções com n° de Comorbidades $\geq 2$
21-30	0	0	0
31-40	3	2	1
41-50	1	3	1
51-60	13	15	7
61-70	4	6	3
Total	21	26	12

**Tabela 1** – Pilotos Civis (PP): Inspecções de Saúde e Comorbidades por Faixa Etária.

Na Tabela 1, nota-se que os Pilotos Civis (PP) apresentaram um número significativo de Comorbidades, sendo que pouco mais de 57% desses pilotos apresentaram duas ou mais Comorbidades associadas, principalmente a partir da quarta década de vida. Na faixa etária de 51 a 60 anos, cerca de 54% dos pilotos tiveram diagnosticadas duas ou mais Comorbidades.

Faixa Etária (Anos)	Inspecções	Comorbidades	Inspecções com n° de Comorbidades $\geq 2$
21-30	4	0	0
31-40	1	0	0
41-50	3	4	2
51-60	2	2	0
61-70	0	0	0
Total	10	6	2

**Tabela 2** – Pilotos Civis (PC): Inspecções de Saúde e Comorbidades por Faixa Etária.

Na Tabela 2, embora o número de inspecções não seja tão significativo na categoria de Pilotos Civis (PC), ainda assim pode-se observar uma concentração quanto ao diagnóstico de Comorbidades nas faixas etárias de 41-50 a 51-60 anos de idade.

Faixa Etária (Anos)	Inspecções	Comorbidades	Inspecções com n° de Comorbidades $\geq 2$
21-30	1	0	0
31-40	9	6	2
41-50	20	23	11
51-60	17	22	10
61-70	11	21	6
Total	58	72	29

**Tabela 3** – Pilotos Civis (PLA): Inspecções de Saúde e Comorbidades por Faixa Etária.

Na Tabela 3, observa-se que 50% do total das Inspecções realizadas na categoria de Pilotos Civis (PLA) apresentou duas ou mais Comorbidades associadas. Esse evento foi mais significante nas faixas etárias a partir da quarta década de vida.

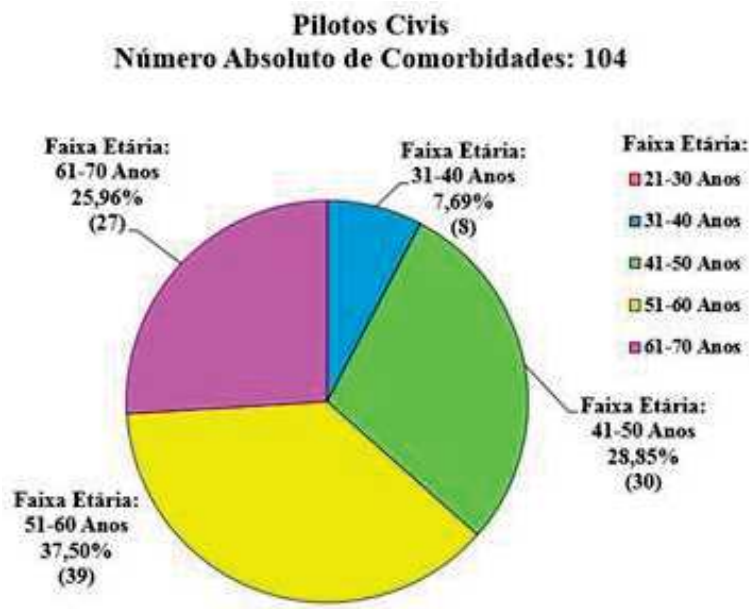
Faixa Etária (Anos)	Inspecções	Comorbidades	Inspecções com n° de Comorbidades $\geq 2$
21-30	5	0	0
31-40	13	8	3
41-50	24	30	14
51-60	32	39	17
61-70	15	27	9
Total	89	104	43

**Tabela 4** – Pilotos Civis (todas as categorias): Inspecções de Saúde e Comorbidades por Faixa Etária.

Analisando-se a Tabela 4, nota-se uma maior concentração de pilotos nas faixas etárias a partir dos 41 anos em diante que apresentaram duas ou mais Comorbidades durante as Inspeções de Saúde.

Com exceção da categoria dos Pilotos Civis (PC), as demais categorias (PP e PLA) apresentaram uma quantidade de Comorbidades que se sobrepôs ao número total de Inspeções, evidenciando associações de patologias em um mesmo indivíduo.

A Figura 1 refere-se ao gráfico contendo a distribuição das Comorbidades encontradas nos Pilotos Civis, para todas as categorias, discriminadas por faixa etária.



**Figura 1** – Distribuição das Comorbidades em função da faixa etária (Pilotos Civis).

Na Figura 1, verifica-se que os Pilotos Civis situados nas faixas etárias de 41 a 50 anos e de 51 a 60 anos apresentaram o maior número de Comorbidades. Este dado evidencia a associação de dois fatores de risco importantes: idade e Comorbidades.

O avançar da idade associado a Comorbidades predispõe que o indivíduo apresente eventos indesejáveis e danosos à sua qualidade de vida, seja no campo profissional, seja no campo relativo à sua saúde.

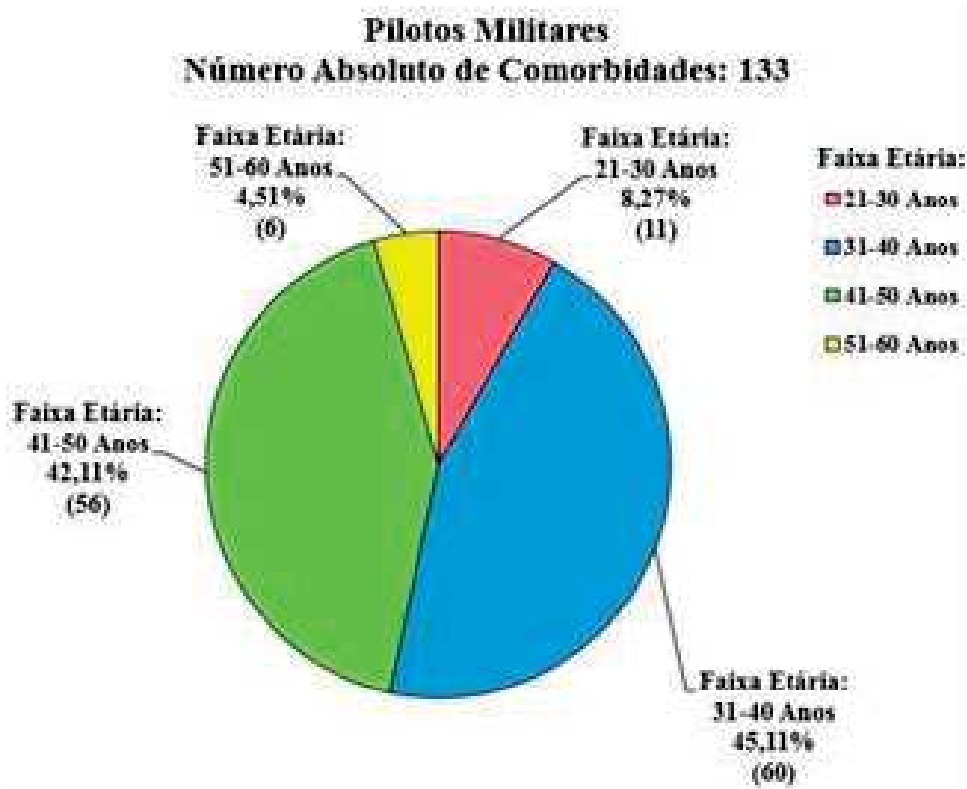
A Tabela 5 representa, entre os Pilotos Militares, o levantamento de Comorbidades detectadas e de Inspeções em que foram constatadas duas ou mais Comorbidades por inspecionando, discriminados por faixa etária.

Faixa Etária (Anos)	Inspeções	Comorbidades	Inspeções com n° de Comorbidades $\geq 2$
21-30	9	11	3
31-40	34	60	21
41-50	32	56	24
51-60	3	6	2
Total	78	133	50

**Tabela 5** – Pilotos Militares: Inspeções de Saúde e Comorbidades por Faixa Etária.

Na Tabela 5, observa-se que pouco mais de 64% do total das Inspeções dos Pilotos Militares apresentaram duas ou mais Comorbidades associadas.

A Figura 2 compreende um gráfico contendo a distribuição das Comorbidades, encontradas nos Pilotos Militares, de acordo com a faixa etária.



**Figura 2** – Distribuição das Comorbidades em função da faixa etária (Pilotos Militares).

Considerando a Figura 2, observa-se que os Pilotos Militares situados nas faixas etárias de 31 a 40 anos e de 41 a 50 anos apresentaram um número elevado de Comorbidades. Isso evidencia uma precocidade no surgimento de patologias, uma vez que tais patologias geralmente surgem em uma faixa etária mais avançada.

A verificação de um número elevado de Comorbidades em Pilotos Militares em faixas etárias mais jovens constitui um fator preocupante e inesperado, visto que tal categoria profissional apresenta rigorosa seleção psicofísica em seu processo admissional.

Essa constatação indica uma divergência em relação à Literatura Médica Aeroespacial (DAVIS, 2008), que cita o uso abusivo de álcool e o uso de drogas como sendo os principais aspectos a serem investigados na faixa etária de 31 a 40 anos durante a avaliação médico pericial. Entretanto, observou-se, na população estudada neste trabalho, a presença significativa de Comorbidades consideradas importantes fatores de risco cardiovasculares.

Este dado é de suma importância, tendo em vista que os Pilotos Militares dessa faixa etária se encontram no auge do desempenho profissional da atividade aérea.

Tais Comorbidades podem gerar importantes consequências na saúde destes indivíduos e impactar negativamente na performance e no rendimento desses pilotos a curto e longo prazos, comprometendo, assim, a Segurança de Voo.

Seguem, na Tabela 5, as principais Comorbidades detectadas em 92% das 167 Inspeções de Saúde de pilotos civis e militares realizadas pela JES da DS/GAP-SJ no ano de 2015.

Comorbidades
Discopatia (Lombar e Cervical)
Hipertensão Arterial Sistêmica
Dislipidemia
Diabetes Mellitus
Hipotireoidismo
Asma Brônquica
Perda Auditiva
Obesidade
Tabagismo

**Tabela 5** – Principais Comorbidades encontradas nas INSPSAU pela JES da DS/GAP-SJ no ano de 2015.

A constatação dessas Comorbidades constitui fator importante para a análise de condições potencialmente incapacitantes ou efetivamente incapacitantes para o exercício da atividade aérea.

A atividade aérea é exercida em condições peculiares, sendo distinta de qualquer outra atividade laboral. A constatação de um número significativo de pilotos portadores de diagnósticos médicos representativos ou que podem vir a representar uma

condição patológica incapacitante torna a aplicação das SARPs mais relevante para a atividade médico pericial aeroespacial em território brasileiro.

O ambiente aéreo, por sua vez, engloba uma série de características que podem se tornar adversas à manutenção do equilíbrio fisiológico humano. Portanto, é necessário compreender os fatores existentes em um ambiente de atividade aérea e a sua influência sobre os fatores endógenos de um indivíduo.

Nas Tabela 6 e 7, são listados alguns fatores presentes em um ambiente de atividade aérea e fatores endógenos capazes de influenciar no estado de saúde de um aeronavegante.

Fatores Ambientais
Gravidade/Aceleração
Modelo da Aeronave/Ergonomia
Hipóxia
Calor/Temperatura
Pressão do Ar (mudanças)
Ruído e Vibração
Radiação
Qualidade do ar da cabine
Patógenos Infecto-contagiosos
Cargas Perigosas (Corrosivos/Tóxicos/Inflamáveis)

**Tabela 6** – Fatores Ambientais influenciadores do estado de saúde na atividade aérea.

O incremento da altitude durante o voo, por exemplo, determina o decréscimo da pressão barométrica e, paralelamente, o decréscimo da pressão parcial de oxigênio inspirada, promovendo alterações no conteúdo arterial de oxigênio e assim, na quantidade de oxigênio fornecida aos tecidos. Esta condição de diminuição de oxigênio fornecido aos tecidos através do sangue é denominada Hipóxia (DAVIS, 2008).

Fatores Endógenos
Idade
Fadiga
Estresse
Disritmia Circadiana
Ciclo menstrual
Tabagismo/Etilismo
Auto-medicação
Uso de Drogas Ilícitas
Sedentarismo/Obesidade
Doenças Agudas e Crônicas

**Tabela 7** – Fatores endógenos influenciadores do estado de saúde na atividade aérea.

O aparecimento e a intensidade dos sintomas da Hipóxia dependerão dos seguintes fatores: altitude absoluta de voo, velocidade de ascensão, duração da exposição à baixa pressão atmosférica, temperatura ambiente, atividade física e fatores individuais: enfermidades existentes, tolerância própria, aptidão física, emotividade, aclimação (DAVIS, 2008).

Dentre as Comorbidades detectadas pela JES no ano de 2015, o Tabagismo e a Hipertensão Arterial Sistêmica constituem exemplos de enfermidades existentes que podem determinar restrições fisiológicas potencialmente letais numa condição de Hipóxia durante o voo.

Em condições de Hipóxia, ocorre a ativação de quimiorreceptores que determinam o aumento dos níveis pressóricos como parte de um mecanismo compensatório. Em um indivíduo previamente portador de Hipertensão Arterial, isto pode acarretar eventos danosos ao seu aparelho cardiovascular ou até morte súbita.

O uso de Drogas Ilícitas também é um Fator Endógeno de muita importância nos dias atuais. A política da ANAC quanto à prevenção da utilização, por aeronavegantes, de substâncias psicoativas é relativamente recente (ANAC, 2012 e ANAC, 2014) e representa uma tentativa de mitigar os transtornos decorrentes deste nocivo Fator Endógeno, o qual representa um risco à Segurança de Voo.

O levantamento dos Fatores Endógenos inerentes a cada aeronavegante somente se torna possível com a realização periódica de Inspeções de Saúde, pois se tratam de fatores individualizados e específicos de cada indivíduo, sendo necessária a realização de um exame clínico, radiológico e laboratorial minucioso e específico, com uma periodicidade adequada para cada caso.

### 3 CONCLUSÃO

Os princípios que regem a doutrina de Segurança de Voo devem ser aplicados minuciosamente no processo de inspeção de saúde tendo em vista que o Fator Humano representa um dos elos essenciais na prevenção da ocorrência de eventos adversos na atividade aérea.

Em relação aos pilotos civis, observa-se um aumento da incidência de Comorbidades de maneira diretamente proporcional à idade do aeronavegante, o que pode ser justificado pela própria fisiologia do envelhecimento humano. A constatação da presença de fatores de risco cardiovasculares nestes profissionais constitui elemento adverso ao desempenho seguro da atividade aérea.

A constatação de elevada porcentagem de Comorbidades em pilotos militares é preocupante, uma vez que a atividade aérea militar demanda padrões elevados de condicionamento físico adequado. Cada Comorbidade encontrada, dependendo do estágio evolutivo, tem o potencial de impactar negativamente na performance deste piloto e, conseqüentemente, na Segurança de Voo.

A adoção de medidas preventivas e o fornecimento de tratamento adequado das patologias encontradas contribuem para uma melhor qualidade de vida do aeronavegante.

Este trabalho destaca, portanto, a importância da inspeção de saúde como um dos pilares básicos para o desempenho seguro da atividade aérea. A partir da análise das Comorbidades apresentadas pelos aeronavegantes, as JES poderão alertar os provedores da Segurança de Voo quanto à necessidade de implantar medidas específicas para o seguimento rigoroso da condição de saúde dos aeronavegantes brasileiros.

### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a contribuição imprescindível da SO SEF Rosana Miranda, do 2º Sgt R/R SAD Divaniro, do Cb SAD Pimentel, do Cb SAD João, dos Servidores Federais Civis Carlos, Cunha e Daniela, todos pertencentes ao efetivo da Junta de Saúde da DS/GAP-SJ. Este trabalho não seria possível sem o comprometimento e a seriedade destes que demonstram devoção pelo que fazem.

Os autores também gostariam de agradecer aos Servidores Federais Civis Doutores Engenheiros do Trabalho Souza e João Jorge por terem compartilhado seus conhecimentos acadêmicos e pela demonstração de amizade e afeto.

Por último, os autores gostariam de agradecer à Força Aérea Brasileira por proporcionar o despertar de uma paixão constante pela atividade aérea e por nos instigar a buscar cada vez mais conhecimento e aperfeiçoamento.

### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Instrução Suplementar - IS N° 120-002**: Orientações Gerais para a Implementação dos Programas de Prevenção do Uso Indevido de Substâncias Psicoativas na Aviação Civil. Brasília, 2012.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 67**: Normas Gerais para a Realização de Inspeção de Saúde e Procedimentos Afins para Obtenção e Revalidação de Certificados Médicos Aeronáuticos. Brasília, 2011.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC) 120**: Programa de Prevenção do Risco Associado ao Uso Indevido de Substâncias Psicoativas na Aviação Civil. Brasília, 2014.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde da Aeronáutica. **Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 160-1**: Instruções Reguladoras das Inspeções de Saúde na Aeronáutica. Rio de Janeiro, 2014.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Saúde da Aeronáutica. **Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 160-6**: Instruções Técnicas das Inspeções de Saúde na Aeronáutica. Rio de Janeiro, 2016.
- DAVIS, JR et. al. **Fundamentals of Aerospace Medicine**. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008, 724 p.
- DÍCIO - Dicionário Online de Português. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>. Acesso em: 10 maio 2017.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex 1**: Personnel Licensing. Montreal, 2011. ISBN 978-92-9231-810-9.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 8948**: Manual of Civil Aviation Medicine. 3 ed. Montreal, 2012.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 8948**: Safety Oversight Manual - Part A - The Establishment and Management of a State's Safety Oversight System. 2 ed. Montreal, 2006.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 8948**: Safety Oversight Manual - Part B - The Establishment and Management of a Regional Safety Oversight Organization. 2 ed. Montreal, 2006.

---

# O Seguro Aeronáutico como Ferramenta do SIPAER

Marcus Vinícius Garcia Pacobahyba Pessanha<sup>1</sup>, Diniz Pereira Gonçalves<sup>2</sup>, Rodrigo Rodrigues de Carvalho Musy<sup>3</sup>, João César Moura Mota<sup>4</sup>

1 Oficial aviador da reserva do Comando da Aeronáutica (COMAER), formado pela Academia da Força Aérea (AFA) em 1992. Possui o Curso de Segurança de Voo pelo CENIPA e o Curso de Gestão da Segurança Operacional pela ANAC. Exerceu a função de Chefe do SERIPA III e atuou como instrutor do Curso de Gestão da Segurança Operacional da ANAC. Atualmente, é perito judicial e assistente técnico em processos judiciais e extrajudiciais e aluno do curso de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica do ITA, com ênfase em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (MP-Safety).

2 Oficial aviador da reserva do Comando da Aeronáutica (COMAER), formado pela Academia da Força Aérea em 1986. Graduado em Engenharia Mecânica-Aeronáutica e titulado mestre em Materiais e Processos de Fabricação, ambos pelo ITA. Possui oito artigos publicados, duas Patentes de Invenção e um Registro de Direito Autoral de Projeto no CREA-SP. Atualmente, é Sócio Diretor da Gonçalves e Rocha Engenharia Ltda, empresa cadastrada no Instituto de Resseguros do Brasil (IRB) para realizar Regulação de Sinistros Aeronáuticos.

3 Oficial aviador do Comando da Aeronáutica (COMAER) de 1997, data de formação na Academia da Força Aérea, até 2008, ocasião em que solicitou baixa do serviço militar. Possui o Curso de Segurança de Voo pelo CENIPA e, atualmente, é piloto executivo da aeronave Falcon 2000 e aluno do curso de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica do ITA, com ênfase em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada (MP-Safety).

4 Graduação em Física pela Universidade Federal do Ceará (Julho/1978), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (setembro/1984) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (agosto/1992). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Ceará (UFC) e Chefe do Departamento de Engenharia de Teleinformática. É ex-Diretor Adjunto de Relações Interinstitucionais do Centro de Tecnologia/UFC, sócio fundador da Sociedade Brasileira de Telecomunicações, membro da Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, ex-conselheiro do ramo estudantil do Institut Electrical and Electronics Engineers (IEEE) na UFC, membro das sociedades do IEEE: Signal Processing Society, Communications Society e Education Society do IEEE.

---

**RESUMO:** Em função do elevado número de acidentes aeronáuticos ocorridos no Brasil no período de 2006 a 2015, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) vem planejando e executando atividades de prevenção tomando como base os Princípios da Filosofia do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Paralelamente, tem-se as atividades do Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP), as quais são exercidas pelas sociedades autorizadas a operar em seguros privados (Seguradoras) e controladas e fiscalizadas pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), tendo como um de seus produtos o contrato de seguro aeronáutico. Nele existem diversos itens que, além de garantir ao segurado o direito às indenizações por prejuízos sofridos, também o estimulam às práticas preventivas durante a operação da aeronave. Considerando-se que não há uma interação entre os sistemas supracitados, o presente trabalho tem por objeto analisar os princípios filosóficos do SIPAER e os itens das cláusulas da apólice de seguro aeronáutico da SUSEP, com a finalidade de recomendar ao CENIPA fazer uso desse instrumento como ferramenta de prevenção de acidentes. Para tal, será realizado um estudo descritivo-analítico, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, com base no ordenamento jurídico que regula as atividades do CENIPA e da SUSEP. Cabe ressaltar que o presente trabalho se propõe a dar importância para a prevenção dos acidentes aeronáuticos, no âmbito da aviação civil brasileira, uma vez que pode ampliar sistematicamente as atividades de prevenção do SIPAER.

**Palavras Chave:** Acidente Aeronáutico. Filosofia SIPAER. Prevenção. Seguro Aeronáutico.

## The Aeronautical Insurance as a SIPAER Tool

**ABSTRACT:** Due to the high number of aeronautical accidents that occurred in Brazil from 2006 to 2015, the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Centre (CENIPA) has been planning and executing prevention activities based on the Principles of Philosophy of the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention System (SIPAER). At the same time, there are the activities of the National Private Insurance System (SNSP), which are exercised by companies authorized to operate in private insurance (Insurers) and controlled and supervised by the Superintendence of Private Insurance (SUSEP), being the aeronautical insurance contract one of their products. There are several items that, in addition to warranting the insured the right to compensation for losses suffered, also stimulate preventive practices during the operation of the aircraft. Considering that there is no interaction between the aforementioned systems, the present work aims to analyse the philosophical principles of SIPAER and the clauses of SUSEP's insurance policy, with the purpose of recommending to CENIPA to make use of this instrument as an accident prevention tool. To do so, a descriptive-analytical study will be carried out, through bibliographic and documentary research, based on the legal framework that regulates the activities of CENIPA and SUSEP. It should be emphasized that the present work intends to give importance to the prevention of aeronautical accidents, in the scope of Brazilian civil aviation, since it can systematically amplify the activities of prevention of SIPAER.

**Key words:** Aeronautical Accident. SIPAER Philosophy. Prevention. Aeronautical Insurance.

**Citação:** Pessanha, MVGP, Gonçalves, DP, Musy, RRC, Mota, JCM. (2017) O Seguro Aeronáutico como Ferramenta do SIPAER. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 89-95.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir de 2006, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) adotou e recomendou a todos os países signatários da Convenção de Chicago a metodologia denominada Safety Management System (SMS), a qual é definida pelo Doc 9859 e consiste em “uma abordagem sistemática para a gestão da segurança, incluindo as necessárias estruturas organizacionais, responsabilidades, políticas e procedimentos” (OACI, 2013).

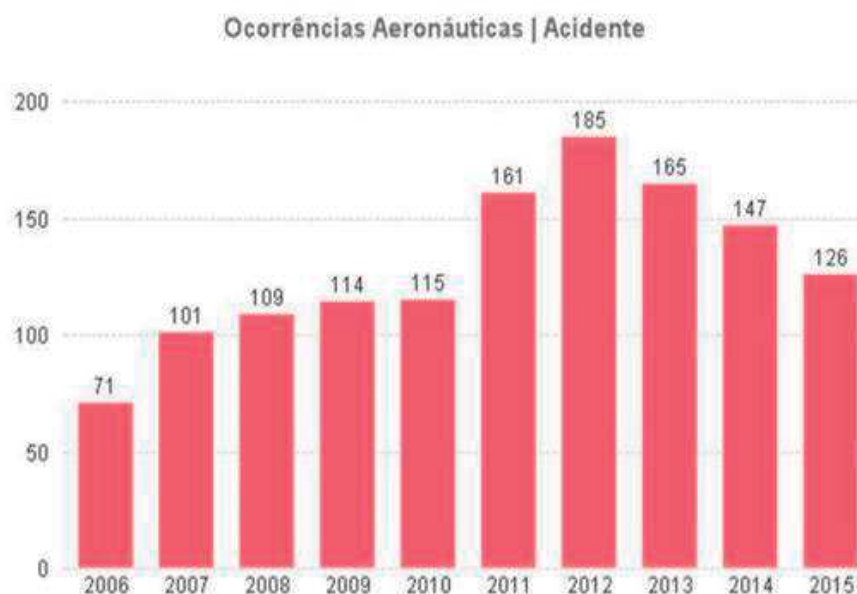
Alinhado com esse compromisso, em 2009, o Estado brasileiro, através da Política Nacional de Aviação Civil (PNAC), definiu as diretrizes gerais para a prevenção de acidentes e, por meio do Programa Brasileiro para a Segurança Operacional da Aviação Civil (PSO-BR), orientou a elaboração dos programas específicos do Comando da Aeronáutica (PSOE-COMAER) e da Agência Nacional de Aviação Civil (PSOE-ANAC).

No âmbito do COMAER, o PSOE contém as orientações “relacionadas ao Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e ao Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), cabendo, ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), regular e fiscalizar a prestação dos serviços de navegação aérea; à Assessoria de Segurança Operacional do Controle do Espaço Aéreo (ASOCEA), prover a vigilância da segurança operacional sobre as atividades relativas aos serviços de navegação aérea; e, ao CENIPA, o gerenciamento da investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos” (COMAER, 2010).

Este trabalho irá mergulhar nos princípios da Filosofia SIPAER, mostrando a possibilidade de interação entre as atividades do Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP) e as do SIPAER, bem como apresentar a viabilidade de o CENIPA se utilizar das cláusulas do seguro aeronáutico como mais uma ferramenta para elevar o nível de segurança operacional da aviação civil brasileira.

## 2 FILOSOFIA SIPAER

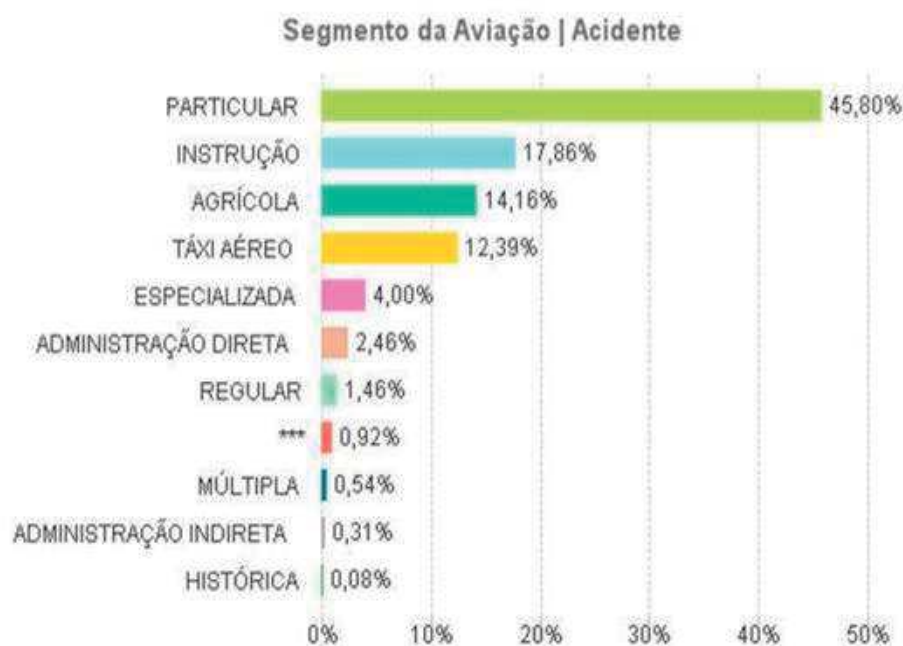
No período de 2006 a 2015, a aviação civil brasileira registrou um total de 1.294 acidentes aeronáuticos (Fig. 1). Desse montante, excetuando-se os seguimentos de Táxi Aéreo e de Transporte Regular, as aeronaves da aviação geral, regidas pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil nº 91 (RBAC 91), foram responsáveis por 86,07% (Fig. 2), perfazendo a marca de 1.114 acidentes, dos quais resultaram na fatalidade de 521 vítimas e destruição 257 aeronaves (CENIPA, 2016).



**Figura 1:** Total de acidentes na aviação civil brasileira.

Para que esses números sejam reduzidos, o CENIPA recomenda que todos os envolvidos direta ou indiretamente com a atividade aérea planejem e executem atividades de prevenção tomando sempre como base os oito Princípios da Filosofia SIPAER (CENIPA, 2013), assim definidos:

- Todo acidente aeronáutico pode ser evitado;
- Todo acidente aeronáutico resulta de vários eventos e nunca de uma causa isolada;
- Todo acidente aeronáutico tem um precedente;
- A prevenção de acidentes requer mobilização geral;
- O propósito da prevenção de acidentes não é restringir a atividade aérea, mas estimular o seu desenvolvimento com segurança;
- A alta direção é a principal responsável pela prevenção de acidentes aeronáuticos;
- Na prevenção de acidentes não há segredos nem bandeiras; e
- Acusações e punições de erros humanos agem contra os interesses da prevenção de acidentes.



**Figura 2:** Percentual de acidentes por segmento.

Da reflexão sobre esses princípios, pode-se concluir, de forma mais genérica, que todo acidente aeronáutico pode ser evitado e, para que isso ocorra, o maior número possível de pessoas envolvidas com a atividade aérea deve envidar todos os esforços disponíveis, independentemente de suas áreas de atuação. Porém, para que se tenha uma melhor visão sobre esses princípios, faz-se necessária uma análise mais detalhada, para cada um deles isoladamente.

**Todo acidente aeronáutico pode ser evitado:** esse princípio é a base de toda Filosofia SIPAER, pois é quem fornece ao sistema a vontade em persistir na busca do índice de acidente zero. Significa que, uma vez que se pode identificar os fatores contribuintes de um acidente, pode-se também adotar as medidas adequadas à neutralização dos mesmos e, com isso, evitar o acidente (CENIPA, 2012).

**Todo acidente aeronáutico resulta de vários eventos e nunca de uma causa isolada:** das investigações realizadas pelo SIPAER, pode-se verificar que os acidentes aeronáuticos sempre resultam da combinação de vários fatores distintos e interconectados, os chamados fatores contribuintes. Para que se previna um acidente, faz-se necessário então identificar um ou mais desses fatores e adotar as medidas para mitiga-los ou eliminá-los (CENIPA, 2012).

**Todo acidente aeronáutico tem um precedente:** ainda das investigações realizadas pelo SIPAER, verificou-se que um número muito reduzido de acidentes teve como causa algum fator inédito. Na maioria dos casos, observa-se que os fatores contribuintes de um acidente já haviam sido identificados em outros acidentes semelhantes e que existiam recomendações de segurança que poderiam ter evitado a sua reincidência, caso fossem adotadas (CENIPA, 2012).

**A prevenção de acidentes requer mobilização geral:** esse princípio é de grande relevância, pois estabelece que, para se alcançar os objetivos da prevenção, todos, sem distinção, têm que se integrar num esforço global, conscientes de que a mentalidade de segurança operacional deve estar presente em tudo que se faz e em todas as atividades relacionadas direta ou indiretamente com a aviação (CENIPA, 2012).

**O propósito da prevenção de acidentes não é restringir a atividade aérea, mas estimular o seu desenvolvimento com segurança:** nesse sentido, o objetivo da prevenção é reduzir o índice de acidentes aeronáuticos e, com isso, estimular e incrementar a atividade aérea em todas as suas modalidades (CENIPA, 2012).

**A alta direção é a principal responsável pela prevenção de acidentes aeronáuticos:** sem sombra de dúvida, a prevenção é responsabilidade de todos. Porém, é uma responsabilidade inerente ao mais alto cargo numa atividade aérea, ou seja, à pessoa que tem o poder de tornar viável a implementação das ações que possibilitem a identificação e a mitigação ou eliminação dos fatores contribuintes de um acidente (CENIPA, 2012).

**Na prevenção de acidentes não há segredos nem bandeiras:** as experiências, os ensinamentos e as ideias oriundas de qualquer fonte, de qualquer parte do mundo, devem estar disponíveis para a comunidade aeronáutica, pois os fatores contribuintes identificados em um acidente servem de alerta para todos que tiverem conhecimento (CENIPA, 2012).

**Acusações e punições de erros humanos agem contra os interesses da prevenção de acidentes:** conforme o Anexo 13 da ICAO, “o único objetivo da investigação de um acidente ou incidente será a prevenção de acidentes e incidentes. Não é o propósito desta atividade atribuir culpa ou responsabilidade”. Isso indica que os erros na aviação devem ser encarados como falhas sistêmicas que podem ser identificadas e, com isso, eliminadas ou mitigadas (CENIPA, 2012).



É através da disseminação desses princípios filosóficos que o SIPAER busca implantar e cultivar uma mentalidade de segurança de voo em todos os envolvidos com a aviação brasileira, de forma que possam executar, dentro de suas respectivas áreas de atuação, as mais diversas atividades de prevenção, as quais podem ser assim divididas: prevenção reativa, proativa e preditiva.

No modo **reativo**, as ações são implementadas após a ocorrência do acidente ou incidente aeronáutico. Diz respeito às investigações desses eventos e tem como objetivo conhecer as causas do problema, ou seja, os seus fatores contribuintes, de forma que possam ser emitidas recomendações de segurança que evitem a recorrência dessas situações inseguras.

Na abordagem **proativa**, são adotadas ações que buscam corrigir e padronizar procedimentos através de palestras, campanhas e seminários; elevar a consciência situacional das pessoas envolvidas com a atividade aérea e alertá-las sobre os riscos inerentes ao seu envolvimento com a aviação; tudo com a finalidade de se evitar os erros antes que ocorra o acidente ou o incidente aeronáutico.

Já na prevenção **preditiva**, o objetivo é identificar antecipadamente as possíveis situações de perigo existentes na organização, através da coleta de dados durante o desempenho normal da atividade aérea, e gerenciar os riscos provenientes dessas situações de forma que eles sejam eliminados ou mitigados e a segurança operacional fique dentro de um nível aceitável, de acordo com os índices estipulados pela empresa e aprovados pela ANAC.

Como se pode observar, o sucesso da prevenção de acidentes aeronáuticos está inteiramente condicionado à existência de sinergia entre a mentalidade de segurança, proporcionada pelos princípios da Filosofia SIPAER, e a implementação das medidas de prevenção, ou seja, faz-se necessário que, além de se ter consciência da importância da segurança de voo, todas as ações pertinentes sejam efetivamente colocadas em prática.

Para que isso seja possível, o CENIPA, no que lhe compete como órgão central do SIPAER, deve se empenhar na “busca permanente do desenvolvimento e da atualização de técnicas a serem adotadas pelo Sistema” (COMAER, 2010). Isso significa que a busca por novas parcerias que possam estimular a aviação geral brasileira às práticas operacionais e de manutenção condizentes com os Princípios SIPAER é essencial para a prevenção de acidentes aeronáuticos na aviação civil brasileira.

Se por um lado ficou demonstrado que, no viés filosófico, essa busca do CENIPA é mais do que possível, é desejável; por outro, resta-nos verificar, no âmbito normativo, se é viável a utilização do seguro aeronáutico como mais uma ferramenta de prevenção, na “incansável busca pelo almejado índice zero acidente” (COMAER, 2010).

## 2.1 Amparo Normativo

Embora os interesses do SIPAER sejam distintos daqueles defendidos pelo Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP), no arcabouço normativo da aviação civil brasileiro, existem vários artigos que dão margem interpretativa para que o CENIPA possa se utilizar das cláusulas do seguro aeronáutico como ferramenta de prevenção de acidentes.

Ao se analisar a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, a qual dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), verifica-se, no art. 12, que os seguintes elementos estão submetidos às normas aeronáuticas: a navegação aérea; o tráfego aéreo; a infraestrutura aeronáutica; a aeronave; a tripulação; e **todos os serviços, direta ou indiretamente, relacionados ao voo** (BRASIL, 1986), o que deixa claro que qualquer entidade que esteja envolvida com a atividade aérea pode ser abrangida pelas normas aeronáuticas.

Já nos artigos 178, 281 e 283 do CBA está definido que, para fins de responsabilidade civil, **todo explorador de aeronave é obrigado a contratar um seguro aeronáutico**, sob pena de não ter o Certificado de Aeronavegabilidade de seu avião expedido ou revalidado pela Autoridade Aeronáutica (BRASIL, 1986), podendo-se inferir então que o referido instrumento é imprescindível para que a atividade aérea seja legalmente realizada no Brasil, o que lhe confere relevante importância perante os operadores aéreos.

Além disso, a Política Nacional de Aviação Civil (PNAC), a qual tem como propósito assegurar à sociedade brasileira o desenvolvimento seguro do sistema de aviação civil, incentiva as instituições responsáveis por tal desenvolvimento a buscarem as melhores práticas e parcerias em prol da segurança operacional, conforme se pode observar nas seguintes ações específicas do PNAC: “Promover a atualização de normas, padrões, métodos e procedimentos para assegurar o gerenciamento da segurança operacional” e “promover a coordenação das atividades de prevenção de acidentes e incidentes aeronáuticos junto aos órgãos e entidades da administração pública e do setor privado”. (BRASIL, 2009)

Por fim, no próprio decreto que dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos está estabelecido que “**são, também, considerados Elos do SIPAER os órgãos ou elementos executivos estranhos ao Ministério da Aeronáutica que, pela natureza de suas atividades sejam necessários** ou se vejam envolvidos nos **Programas de investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos**” (BRASIL, 1982). Isso indica que, identificada uma atividade estranha ao SIPAER cuja natureza atenda aos objetivos da prevenção, o CENIPA poderá considerá-lo um elo do sistema.

Diante dos textos normativos apresentados, pode-se concluir que, em virtude de o seguro aeronáutico estar diretamente vinculado à atividade aérea e pelo fato da natureza de sua atividade ser de interesse para a prevenção de acidentes aeronáuticos, o CENIPA não teria empecilhos normativos para formar parcerias com as seguradoras e se utilizar das cláusulas do seguro como ferramenta do SIPAER.

### 3 SEGURO AERONÁUTICO

Paralelamente às atividades do SIPAER, existem as atividades do Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP), as quais são exercidas pelas sociedades autorizadas a operar em seguros privados (Seguradoras) e controladas e fiscalizadas pela Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), tendo como um de seus produtos o contrato de seguro aeronáutico. (BRASIL, 1966).

Nesse contrato, existem diversas cláusulas que têm como objetivo “garantir ao Segurado, de conformidade com o estipulado nas Condições Gerais e Especiais da Apólice, seus Aditivos e Endossos, as indenizações por prejuízos sofridos, reembolsos de despesas e responsabilidades legais a que vier a ser obrigado, em decorrência da utilização da (s) aeronave (s) segurada (s)”. (SUSEP, 1971)

Para atender a esse objetivo, a estrutura básica de um contrato de seguro aeronáutico está dividida em três partes, assim definidas: Condições Gerais, as quais versam sobre as questões contratuais de cunho legal; Condições Especiais, onde são apresentadas as situações cobertas e não cobertas pelo seguro; e Cláusulas Adicionais, as quais oferecem as coberturas para todos os riscos excluídos nas demais partes do contrato.

Ao se fazer uma análise mais aprofundada, verifica-se que, dentro dessas três partes principais, existem itens que abordam assuntos voltados para as regras gerais e específicas do contrato e outros que se referem à segurança de voo, conforme pode ser observado na Figura 3, a qual apresenta uma visão geral da estrutura básica de uma apólice de seguro.

DIVISÕES	SUBDIVISÕES	ASSUNTO
Condições Gerais	19 Cláusulas	- 113 Itens que versam sobre as questões contratuais de cunho legal. - 7 Itens que definem os riscos excluídos, dos quais 1 se refere à segurança de voo.
Condições Especiais	Aditivo “A” – Garantia de Casco	- 40 Itens que apresentam as condições de cobertura do seguro. - 12 Itens que definem os prejuízos não indenizáveis, dos quais 9 se referem à segurança de voo.
	Aditivo “B” – Seguro RETA	- 59 Itens que versam sobre os assuntos semelhantes ao DPVAT do seguro de automóvel.
Cláusulas Adicionais	47 Cláusulas	- 160 Itens que oferecem cobertura para todos os riscos excluídos nas demais partes do contrato. - 13 que se referem à segurança de voo.

**Figura 3:** Estrutura do contrato de seguro aeronáutico.

Pode-se observar na Figura 3 que, de um total de 404 itens, 23 deles abordam assuntos que estão ligados diretamente à segurança de voo, tais como habilitações e experiência de voo dos pilotos, manutenção e aeronavegabilidade da aeronave, o que corresponde a 5,69% de todo o contrato de seguro aeronáutico. Cabe ressaltar que, dentro dessa estrutura, há espaço para inclusão de outros itens que sejam julgados convenientes e necessários pelas seguradoras, respeitando os limites das legislações em vigor (SUSEP, 2016).

Isso significa que há disponibilidade para que se possa inserir novos itens nas apólices de seguro aeronáutico, ou adaptar aqueles já existentes, de modo que os operadores de aeronaves sejam incentivados a exercerem práticas administrativas, operacionais e de manutenção mais seguras. Dessa forma, o seguro aeronáutico estaria servindo de ferramenta para a prevenção e vindo ao encontro dos objetivos do SIPAER de se “evitar a perda de vidas e de bens materiais em decorrência de acidentes aeronáuticos”. (CENIPA, 2013)

Além da possibilidade supracitada de se adaptar os itens das cláusulas da apólice de seguro, existem outras formas de as seguradoras motivarem os operadores de aeronaves a implementar práticas seguras de forma a se evitar acidentes aeronáuticos. Atualmente, elas têm oferecido vantagens financeiras, como descontos no valor do seguro ou um maior valor da indenização, desde que haja uma contrapartida do segurado referente ao cumprimento de determinados critérios de segurança.

Durante a fase de aceitação do seguro, denominada subscrição, é concedido um desconto no prêmio aos segurados cujos pilotos realizam anualmente o treinamento em simulador de voo, incentivando a prática dessa atividade, mesmo nos casos onde não exista a obrigatoriedade para tal. Também são concedidos descontos quando os pilotos realizam o treinamento de transição de aeronave a pistão para turboélice, diminuindo os riscos advindos dessa mudança operacional. Em alguns casos, em função da pouca experiência do piloto em comando, os subscritores impõem que a operação seja sempre realizada com dois pilotos a bordo, mesmo quando a aeronave é certificada Single Pilot.

No âmbito educativo, as seguradoras têm patrocinado, para seus segurados, cursos de gerenciamento dos recursos de cabine (CRM), além de seminários e fóruns voltados para a segurança de voo. Para que se tenha uma ideia da abrangência dessa iniciativa, apenas uma seguradora promoveu 10 CRM no período de 2012 a 2016, capacitando um total de 475 pessoas, entre tripulantes e funcionários envolvidos com a atividade aérea.

Ainda dentro de uma temática proativa, focada nos segmentos da aviação geral que mais têm participado de acidentes aeronáuticos, as seguradoras resolveram criar manuais de prevenção específicos para a aviação executiva e agrícola, contendo alertas de segurança e recomendações de boas práticas, os quais são entregues aos clientes juntamente com as respectivas apólices de seguro.

Uma outra atividade das seguradoras é a regulação. Ela se inicia logo após a ocorrência do sinistro e se desenvolve através de ações investigativas para que se possa levantar todas as informações pertinentes à operação e manutenção da aeronave com o objetivo de se verificar se as condições da apólice foram atendidas e, conseqüentemente, definir se haverá ou não a cobertura do sinistro. Durante essa atividade, os especialistas em aviação visitam o local do acidente, reúnem documentos da aeronave e da tripulação, fazem análises em peças, combustível e óleo e consultam as legislações pertinentes.

Embora os objetivos da atividade de regulação do SNSP sejam diferentes dos preconizados pelo SIPAER, verifica-se que, nas ocorrências que não são investigadas pelo CENIPA ou naquelas em que os segurados não fazem a devida notificação àquele Centro, os investigadores das seguradoras conseguem identificar os fatores que contribuíram para a consumação do sinistro, levando tais informações ao conhecimento dos principais personagens envolvidos, tais como fabricante do produto aeronáutico, órgão regulador do país pertinente, etc.

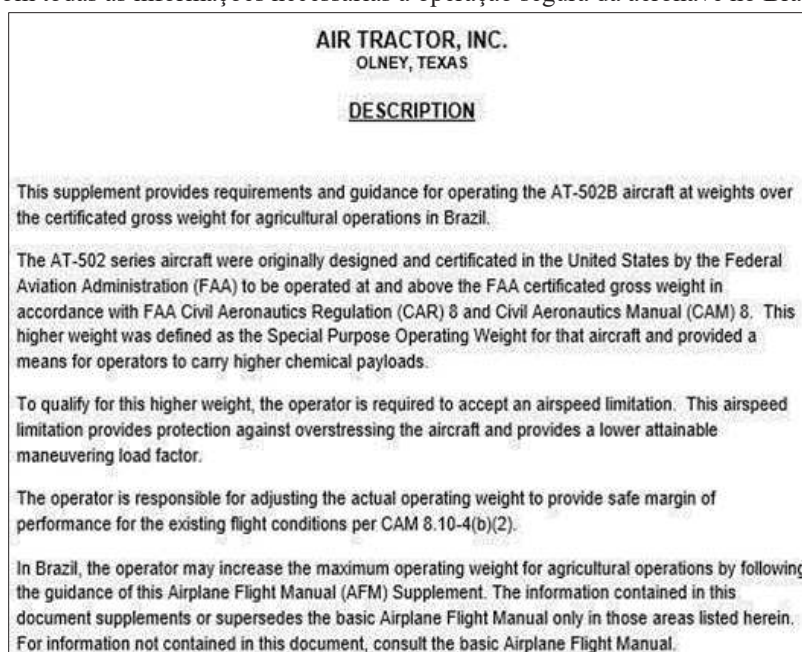
Como exemplo da importância dessas informações para a prevenção de novos acidentes, apresenta-se na Tabela 1 três sinistros, nos quais os investigadores da regulação identificaram as seguintes discrepâncias no manual de voo da aeronave: Peso Máximo de Decolagem (PMD) divergente do certificado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para a operação dessa aeronave no Brasil e ausência de gráficos de desempenho de decolagem em função do tipo de solo da pista e da direção e intensidade do vento.

Aeronave	Ocorrência	Problema identificado	Data
AT 502B	Decolagem acima do peso máximo	Manual com erros operacionais	2013
AT 502B	Decolagem acima do peso máximo	Manual com erros operacionais	2013
AT 502B	Decolagem acima do peso máximo	Manual com erros operacionais	2015

**Tabela 1:** Relação dos sinistros com as aeronaves AT 502B relacionados às discrepâncias nos manuais de voo.

Cabe ressaltar que o CENIPA não teve conhecimento dessas três ocorrências, pois duas delas não foram alvo de investigação e uma não teve como foco de investigação as discrepâncias existentes no manual de voo da aeronave. Logo, o SIPAER, nessas situações, não teve a oportunidade de fazer gestão junto aos órgãos competentes para promover a prevenção de novos acidentes semelhantes.

Entretanto, de posse dessas informações, os investigadores da regulação contataram diretamente o presidente da Air Tractor, empresa fabricante da aeronave, apresentaram as discrepâncias existentes em seus manuais, bem como as conseqüências advindas desses erros. Com isso, a empresa reviu o manual da aeronave AT 502B, realizou novos ensaios e apresentou à ANAC um suplemento ao manual com todas as informações necessárias à operação segura da aeronave no Brasil (Fig. 4).



**Figura 4:** Suplemento ao Manual de Voo do AT 502B.

Infelizmente, por falta de conhecimento dos profissionais que atuam na atividade de regulação, esses tipos de informações normalmente não chegam ao conhecimento do CENIPA, deixando assim de serem apreciadas por quem realmente poderia utilizá-las para a prevenção de acidentes aeronáuticos, mesmo que de forma reativa, uma vez que o acidente já tenha ocorrido.

Diante do exposto, pode-se verificar que as atividades de subscrição e de regulação, desenvolvidas pelas seguradoras, produzem informações relevantes para que o CENIPA possa utilizar na sua atividade de prevenção, tanto no modo reativo quanto na abordagem proativa. Desta forma, o seguro aeronáutico pode servir de ferramenta para o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.

#### 4 CONCLUSÃO

A quantidade de 1.114 acidentes aeronáuticos ocorridos na aviação geral brasileira, no período de 2006 a 2015, contabilizou a fatalidade de 521 pessoas e a perda de 257 aeronaves, exigindo uma maior atenção do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) no sentido de implementar medidas preventivas que pudessem reduzir esses números.

Considerando-se os princípios da Filosofia SIPAER, verificou-se que o CENIPA, como órgão central do sistema, deve buscar por novas parcerias que possam estimular a aviação geral brasileira às práticas operacionais e de manutenção, sejam elas reativas, proativas ou preditivas, as quais possam promover a elevação da segurança operacional no Brasil, conforme preconizado pelo Programa Nacional da Aviação Civil (PNAC).

Observou-se também que, de acordo com o arcabouço normativo aeronáutico brasileiro, o contrato de seguro está diretamente vinculado à atividade aérea e que não existe empecilho para que o CENIPA forme parcerias com as seguradoras e se utilize das cláusulas da apólice como ferramenta do SIPAER para a prevenção de acidentes aeronáuticos.

Ao se fazer uma análise mais aprofundada na estrutura básica de um contrato de seguro aeronáutico, verificou-se que existe a disponibilidade para que se possa inserir novos itens nas apólices, ou adaptar aqueles já existentes, de modo que os operadores de aeronaves sejam incentivados, de forma proativa, a exercerem práticas administrativas, operacionais e de manutenção mais seguras em suas operações aéreas.

No que se refere às atividades do Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP), constatou-se que, embora seus objetivos sejam diferentes dos preconizados pelo SIPAER, as informações produzidas pelas atividades de subscrição e de regulação de um sinistro são relevantes para a segurança de voo e podem ser utilizadas pelo CENIPA na sua atividade de prevenção de acidentes aeronáuticos, tanto no modo reativo quanto na abordagem proativa.

Sendo assim, conclui-se que o CENIPA tem todas as condições para formar parceria com as seguradoras e se utilizar das cláusulas das apólices de seguro aeronáutico como ferramenta do SIPAER, tanto de forma proativa como reativa, podendo assim reduzir o índice de acidentes na aviação civil brasileira e, conseqüentemente, elevar a segurança operacional desse setor.

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Folheto do Comando da Aeronáutica (FCA) 58-1**: Panorama estatístico da aviação civil brasileira. Brasília, 2016, 118p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-3**: Manual de Prevenção do SIPAER. Brasília, 2012, 146p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica (NSCA) 3-3**: Gestão da Segurança de Voo na Aviação Brasileira. Brasília, 2013, 35p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Programa de Segurança Operacional Específico do Comando da Aeronáutica (PSOE-COMAER)**. Brasília, 2010, 4p.
- BRASIL. **Decreto-Lei nº 73**, de 21 de novembro de 1966. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Seguros Privados. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decretolei/De10073compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decretolei/De10073compilado.htm)>. Acesso em 09 maio 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 6.780**, de 18 de fevereiro de 2009. Aprova a Política Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20072010/2009/Decreto/D6780.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2009/Decreto/D6780.htm)>. Acesso em 03 maio 2017.
- BRASIL. **Decreto nº 87.249**, de 07 de junho de 1982. Dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=127276>>. Acesso em 03 maio 2017.
- BRASIL. **Lei nº 7565**, de 19 de Dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm)>. Acesso em 03 mai. 2017.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9859**: Safety Management Manual (SMM). 3 ed. Montreal, 2013. ISBN 978-92-9249-214-4.
- SUPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **Circular nº 019**, de 05 de maio de 1971. Aprova “Normas de Seguros Aeronáuticos” e as respectivas Apólices, Proposta e Tarifa. Disponível em: <<http://www2.susep.gov.br/bibliotecaweb/docOriginal.aspx?t ipo=1&codigo=22825>>. Acesso em 09 maio 2017.
- SUPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **Circular nº 525**, de 22 de janeiro de 2016. Estabelece critérios para a estruturação dos planos de seguro do ramo Aeronáutico (casco). Disponível em: <<http://www2.susep.gov.br/bibliotecaweb/docOriginal.aspx?t ipo=1&codigo=37405>>. Acesso em 10 maio 2017

---

# Análise do Formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo

George Luiz Guedes de Oliveira<sup>1</sup>

1 Major Aviador, graduado pela AFA em 1999. Formou-se piloto de caça em 2000. Voou F-5 por 8 anos e participou da Operação Red Flag (EUA - 2008). Realizou os cursos de especialização em Gestão da qualidade pela UFRN em 2004, Oficial de Segurança de Voo (OSV) pelo Cenipa em 2006, Ensaio em Voo pelo IPEV em 2013 e Comando e Estado-Maior da Aeronáutica pela ECEMAR em 2016. Exerceu a função de OSV do 1º/14º GAV e prestou assessoria técnica ao projeto F-X2 como piloto de prova. Hoje trabalha como Gerente Técnico dos projetos F-5BR, CL-X2 e AL-X no DCTA.

---

**RESUMO:** O objetivo desta pesquisa foi analisar de que maneira o formulário de gerenciamento de risco utilizado no Instituto de Pesquisa e Ensaio em Voo (IPEV) em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012. Utilizando-se de uma metodologia dedutiva, foi realizado um estudo documental, bibliográfico e qualitativo. Com base nos fatos presentes nos relatórios de investigação foi construída uma árvore de falhas contendo fatores causais dos acidentes. Estes fatores foram comparados aos campos do formulário de gerenciamento de risco. O objetivo do trabalho foi alcançado e o formulário poderia auxiliar na identificação de perigos relacionados aos seguintes fatores: alimentação, baixa experiência, gerenciamento de recursos de cabine, fadiga, estresse, falta de proficiência, privação do sono, problemas familiares, treinamento inadequado e voo noturno. Não seriam identificados os perigos relacionados com a falta de conhecimento, planejamento, briefing, calor intenso na cabine, falta de atividade física e inadequada infraestrutura aeroportuária. O formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais. Para gerenciar esses perigos seria necessária a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário. Como conclusão da pesquisa, confirmou-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes fossem percebidas e utilizadas na gestão da segurança de voo antes do desencadeamento do acidente.

**Palavras Chave:** Segurança. Identificação. Perigo. Acidente.

## Analysis of the Risk Management Form used by the Institute of Flight Research and Testing

**ABSTRACT:** The objective of this research was to analyse how the risk management form used by the Institute of Flight Research and Testing (IPEV) in 2015 would influence the identification of the hazard present in the aeronautical accidents occurred in the IPEV between the years of 2002 and 2012. A documentary, bibliographic and qualitative study was conducted using a deductive methodology. Based on the facts presented in the investigation reports a fault tree was constructed containing causal factors of the accidents. These factors were compared to the fields in the risk management form. The purpose of the work was achieved and the form could assist in identifying hazards related to the following factors: feeding, low experience, cabin resource management, fatigue, stress, lack of proficiency, sleep deprivation, family problems, inadequate training and flight nocturnal. There would be no identified hazards related to lack of knowledge, planning, briefing, intense heat in the cabin, lack of physical activity and inadequate airport infrastructure. The form, while being updated, would not be able to identify the hazards associated with behavioural aspects. The management of these hazards would require the use of other defences in conjunction with the use of the form. As a conclusion of the research, it was confirmed the importance of combining reactive, proactive and predictive approaches in the evaluation of the processes, in this case the RM form, so that possible latent faults were perceived and used in flight safety management before the accident.

**Key words:** Safety. Identification. Danger. Accident.

**Citação:** Oliveira, GLG. (2017) Análise do formulário Gerenciamento de Risco do Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 96-107.

### 1 INTRODUÇÃO

Uns somatórios de fatores, com destaque para falhas humanas, contribuíram para o desastre de 13 de agosto de 2014, que matou o candidato do PSB à Presidência e ex-governador de Pernambuco, Eduardo Campos, e mais quatro assessores (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

A história descreve o elemento humano como a parte mais valiosa da aviação, mas também, a mais vulnerável. As aeronaves vêm se tornando sistemas cada vez mais confiáveis e os seres humanos têm desempenhado um papel causal progressivamente mais importante nos acidentes aeronáuticos. Lapsos no desempenho humano são citados como fatores causais na maioria dos acidentes, sendo comumente atribuídos a “erro humano” (Wiegmann; Shappell, 2003).

A literatura especializada indica que o erro humano continua a afligir tanto percalços militares como civis, sendo apontado como fator causal em 80% a 90% dos acidentes e é resultado de inúmeras falhas latentes ou condições que precedem falhas

ativas. O conhecimento dos riscos relacionados aos fatores humanos é de fundamental importância para a segurança de voo (ESTADOS UNIDOS, 2005).

Conforme afirma Reason (1997), o risco é a consequência da ameaça ou perigo medido pela probabilidade e severidade. Ferramentas de gerenciamento de risco (GR) vêm sendo desenvolvidas para auxiliar na atividade de prevenção de acidentes aeronáuticos.

A Norma Sistemática do Comando da Aeronáutica 3-3 (NSCA 3-3) descreve que as organizações da Força Aérea Brasileira devem estabelecer métodos de GR de modo a permitir, por meio de indicadores, o monitoramento e a mitigação dos riscos, visando à melhoria contínua da segurança de voo (BRASIL, 2013a). No Comando da Aeronáutica, o GR em ensaios em voo é realizado pelo Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV).

As principais atividades aéreas do IPEV estão associadas à execução de voos de ensaio, instrução aérea e transporte aerológico. O voo fora do envelope (condições de voo ainda não testadas), suportado por atividades de engenharia, conferem ao IPEV aspectos funcionais diferentes dos encontrados nas demais Unidades da Força Aérea Brasileira e, portanto, demandam ações complementares.

O Programa de Segurança de Voo em Ensaios (PSVE) foi criado em 1999 com o objetivo de auxiliar o processo de GR no IPEV. Este documento foi atualizado em 2013, sendo criado um formulário de GR o qual deveria ser preenchido pelos tripulantes antes da realização de cada voo. O objetivo deste formulário consiste na identificação de perigos para o assessoramento dos tripulantes envolvidos na missão, principalmente no que concerne aos fatores humanos (BRASIL, 2013b).

A NSCA 3-3 descreve que o acidente aeronáutico pode ser compreendido como toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, com a intenção de realizar um voo, caracterizada pela presença de danos materiais graves, perda total ou desaparecimento da aeronave, lesão pessoal ou morte (BRASIL, 2013a). O IPEV, entre os anos de 2002 e 2012, experimentou um número significativo de acidentes, a maioria deles devido a fatores humanos. Dos seis acidentes ocorridos no IPEV nesse período, cinco haviam fatores contribuintes associados à falha humana.

Dejoy (1994) afirma que as ações preventivas são baseadas mais em inferências causais do que em reais causas de acidentes. Entre a introdução do formulário de GR e o início deste trabalho não foram observados novos acidentes no IPEV. Contudo floresce uma inquietação no sentido de conhecer quais seriam os perigos identificados pelo formulário e, prioritariamente, quais não seriam percebidos. Estes poderiam ser ameaças latentes ao atual sistema de GR.

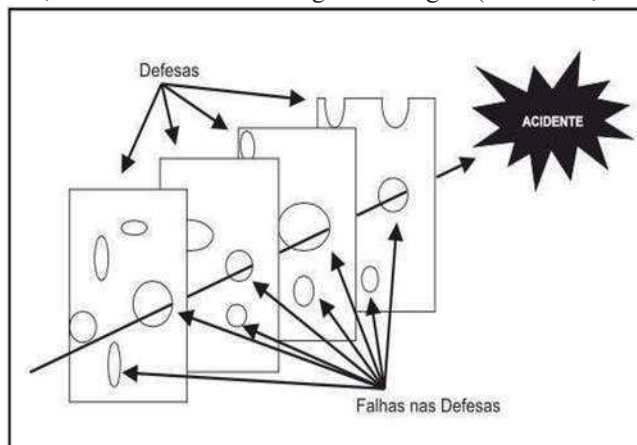
Logo, este trabalho tem por objetivo analisar de que maneira o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012. Tal trabalho poderá auxiliar no processo de avaliação e melhoria contínua do sistema de GR no âmbito do IPEV e da Força Aérea Brasileira. Além disso, este trabalho contribuirá para que perigos associados a atividade aérea do IPEV sejam identificados, objetivando a preservação de vidas e equipamentos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As teorias de James Reason (1997), em especial o Modelo do Queijo Suíço, foram utilizadas para fundamentar esta pesquisa. Os métodos Human Factors Analysis and Classification System e Fault Tree Analysis serviram de base para a realização da pesquisa. Os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014) foram adotados para embasar as análises e conclusões deste trabalho, além de outros estudiosos do GR, como Alan J. Stolzer, Carl D. Halford e John J. Goglia (2008).

### 2.1 Modelo de Fatores Humanos

O modelo de James Reason, conhecido como Queijo Suíço ou teoria das causas múltiplas, não defende uma causa única como desencadeadora de uma sequência de eventos que levaria ao acidente, mas combinações lineares de condições latentes e falhas ativas constituintes de várias cadeias que, após ultrapassarem as barreiras de segurança pelo alinhamento de suas vulnerabilidades, culminam no acidente, conforme descrito na Figura 1 a seguir (REASON, 1997).



**Figura 1** – Modelo da Teoria das Causas Múltiplas. Fonte: Adaptado de Reason (1997).

Reason (1997) comparou o sistema em que ocorre o acidente ao corpo humano. Assim como na atividade aérea, por exemplo, há ameaças à segurança de voo que, no caso do corpo humano, são representadas por vírus e bactérias. Há também proteções ou barreiras, assim como o corpo humano possui o sistema imunológico. Condições latentes podem existir durante muito tempo na atividade aérea sem serem percebidas, até que as falhas nas proteções se alinhem e culminem no acidente aeronáutico. Também no corpo humano, o agente causador da enfermidade pode se manter durante muito tempo imperceptível, até que uma queda na imunidade complete as condições necessárias à instalação da doença. Assim, o modelo do Queijo Suíço pode ser classificado como epistemológico.

Essa abordagem serve de fundamentação teórica para a investigação de acidentes aeronáuticos no Brasil e justifica alguns aspectos descritos nos relatórios apropriados. Por exemplo, a investigação procura os fatores contribuintes latentes no sistema muito antes da ocorrência. Assim sendo, a prevenção mais efetiva deveria identificar ameaças e gerenciar os riscos, reduzindo a potencialidade das condições latentes. Desta forma, destaca-se a necessidade de identificar as ameaças presentes nos acidentes aéreos do IPEV ou em qualquer organização ligada à aviação e de aprofundar os estudos no que concerne aos fatores humanos.

## 2.2 Human Factors Analysis and Classification System

Com base na teoria das causas múltiplas de Reason, foi criado o Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) que é um modelo de análise de erros, originariamente desenvolvido e testado nas Forças Armadas Americanas. O HFACS é uma ferramenta utilizada para investigar e analisar as causas de acidentes aeronáuticos decorrentes de fatores humanos (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003).

O advento desta ferramenta decorre da dificuldade encontrada por pesquisadores em analisar e investigar os dados armazenados nos diversos sistemas de registro de acidentes aeronáuticos. As estruturas de dados desses sistemas, por serem concebidas e empregadas por engenheiros e operadores com pouca experiência em fatores humanos, não incorporam a teoria e conceitos afins, dificultando as análises de acidentes decorrentes de erros humanos e, por conseguinte, impedindo o estabelecimento de adequadas estratégias de prevenção (WIEGMANN; SHAPPELL, 2003).

O HFACS implementa os conceitos do acidente organizacional de Reason e força o investigador a correlacionar os erros humanos identificados nas investigações de acidentes aeronáuticos, permitindo classificar os fatores de risco (falhas ativas e condições latentes) de acordo com os códigos (nanocodes) da taxonomia estabelecida (ESTADOS UNIDOS, 2005). Devido a essas características, o HFACS auxilia a compreender porque os atos inseguros dos indivíduos envolvidos em um acidente têm condições precedentes que propiciam suas ocorrências como resultado final de uma série de causas primárias.

Esse modelo, portanto, é projetado para apresentar uma abordagem sistemática e multidimensional para análise de erros, abrangendo o erro humano sob perspectivas de integração cognitiva, de interação entre indivíduos, de aspectos socioculturais e de fatores organizacionais. A sétima versão do HFACS, utilizado nesta pesquisa, organiza os fatores no nível humano e material. O foco desta pesquisa são os fatores de nível humano, pois os de nível material estão relacionados com a manutenção da aeronave, ou seja, além do controle do tripulante. Os fatores de nível humano são apresentados na Figura 2 a seguir (ESTADOS UNIDOS, 2005).



**Figura 2** – Fatores de nível humano. Fonte: Adaptação de United States (2005).

Esses grupos subdividem-se em outros menores (categorias, subcategorias). Cada subdivisão está estruturada em denominações mais básicas compostas de códigos (nanocodes), cujas definições permitem correlacioná-los com as evidências encontradas nas investigações de forma mais precisa e objetiva, mitigando a subjetividade do processo de identificação de perigo (ESTADOS UNIDOS, 2005).

## 2.3 Identificação de Perigo

Em 2012, a Força Aérea Americana atualizou o seu processo de GR por meio da Diretriz de Política 90-8 (ESTADOS UNIDOS, 2012), a qual descreveu o GR como um processo contínuo envolvendo cinco fases distintas, conforme é apresentado na Figura 3 a seguir.



**Figura 3** – Fases do processo de GR. Fonte: Adaptação de United States (2012).

De acordo com Müller e Drax (2014), o GR começa com o processo de identificação de perigo que é a atividade fundamental na gestão da segurança. Tal atividade visa localizar qualquer condição com potencial de causar ferimentos pessoais, danos aos equipamentos ou estruturas, perda de material ou redução da capacidade de executar determinada tarefa.

Para operações seguras, é vital a realização de uma avaliação contínua dos processos a fim de que as possíveis alterações sejam percebidas e utilizadas na gestão proativa da segurança. Os processos centrais de gestão envolvem a análise da segurança, rastreando tendências e mudanças, a fim de fornecer informações essenciais para a manutenção da segurança (ICAO, 2013).

Para Stolzer, Halford e Goglia (2008), a abordagem tradicional dos operadores aéreos no sentido de identificação de perigo só incide sobre a monitorização e avaliação das áreas operacionais, não importando os aspectos intrínsecos dos fatores humanos. A abordagem é chamada de reativa porque os dados operacionais são usados para entender o ambiente, o estado do equipamento e meio, a fim de identificar o perigo. Apenas ser reativo e somente responder as demandas advindas dos acidentes aeronáuticos é uma clara deficiência de qualquer sistema de gestão da segurança.

A moderna identificação de perigo está focada na análise dos processos a fim de encontrar pontos fracos, bem como identificar potenciais falhas. O objetivo principal é corrigir ou eliminar os pontos fracos antes que eles se transformem em acidentes. Esta nova forma de pensar é uma abordagem proativa. Ao ser capaz de compreender os perigos e riscos associados às operações diárias, as organizações podem trabalhar para minimizar condições perigosas e responder de forma proativa. Isto pode ser conseguido através da análise contínua dos processos de investigação e de GR de uma organização (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

O caminho para uma superioridade na segurança é através da abordagem preditiva, onde são utilizados sistemas de monitoramento de dados de voo em tempo real para fornecer informações que possam possibilitar a identificação de problemas futuros. O foco é transformar os emergentes perigos à segurança em riscos aceitáveis (ICAO, 2013).

Para Müller e Drax (2014), a combinação de métodos reativos, proativos e preditivos levará a efetiva identificação de perigos e irá fornecer informações fundamentais para o GR. Por meio da combinação de mais de uma abordagem é possível identificar vulnerabilidades as quais não poderiam ser visualizadas por meio da utilização de abordagens isoladas. Desta forma, destaca-se a importância de análises que combinem os estudos dos fatores causais dos acidentes aeronáuticos (abordagem reativa) juntamente com processos atuais de GR (abordagem proativa) para aperfeiçoar a gestão da segurança de voo.

## 2.4 Fault Tree Analysis

Desde a sua introdução em 1961, a Fault Tree Analysis (FTA), ou seja, a análise da árvore de falhas tornou-se uma das principais técnicas para avaliação da confiabilidade de sistemas, sendo largamente utilizada em todos os setores industriais onde a confiabilidade dos sistemas envolvidos é fundamental para a operação segura e eficiente. Inicialmente essa técnica foi concebida para a avaliação da confiabilidade do sistema de controle de lançamento de mísseis. Posteriormente, ela foi refinada a fim de, entre outras atividades, ser utilizada para identificar as causalidades dos acidentes (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).



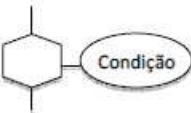




Há vários exemplos bem sucedidos da FTA nas investigações de acidentes, dentre eles a análise da cadeia concebível de causalidade que levou à perda do Space Shuttle Columbia, STS-107, em 2003 (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

A FTA trabalha com análise tanto quantitativa como qualitativa e é orientada para o evento e, devido a isso, tem várias vantagens sobre outros métodos, pois auxilia no entendimento de todas as combinações possíveis de eventos de baixa ordem que irá causar uma falha do sistema. A FTA possui forma gráfica, permitindo ser relativamente fácil de entender. Além de possibilitar a combinação de contribuições de fatores humanos e materiais na mesma análise (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

A FTA consiste na construção de um diagrama lógico, através de um processo dedutivo se busca as possíveis causas de tal evento partindo de um evento indesejado prédefinido. O processo segue investigando as sucessivas combinações de falhas dos componentes até atingir os chamados eventos básicos, os quais constituem o limite de resolução da análise. O evento indesejado é comumente chamado de “evento topo” da árvore.



A construção do diagrama é feita através da utilização de nomenclatura e simbologia própria, a qual é formada por dois tipos principais de símbolos, porta e evento, conforme pode ser observado no Quadro 1 a seguir.

Simbolo	Nome	Significado
	Porta E	Evento acima ocorre se todos eventos abaixo acontecerem.
	Porta OU	Evento acima ocorre somente se um ou mais dos eventos de entrada ocorrem.
	Porta Inibidora	Evento acima ocorre quando uma entrada única atende a alguma condição (entrada condicional) que é colocada numa elipse do lado direito da porta inibidora.
	Porta de Combinação	Evento que resulta da combinação de eventos que passam através da porta abaixo do mesmo.
	Evento Básico	Círculo que descreve um evento básico de falha inicial, cujo limite apropriado de resolução tem sido alcançado.
	Evento Básico não desenvolvido	Evento que possui eventos contribuintes porém não são apresentados.
	Evento Básico Remoto	Evento que possui eventos contribuintes porém são mostrados em outro diagrama.

Quadro 1 – Simbologia FTA. Fonte: Adaptação de Vasquez (2015, p.21).

### 3 GESTÃO DA SEGURANÇA DE VOO NO IPEV

No Comando da Aeronáutica, a atividade de ensaios em voo é desenvolvida pelo IPEV. A finalidade deste Instituto é a prestação de serviços tecnológicos especializados na área de ensaios em voo, instrumentação de aeronaves e telemetria de dados para apoio à pesquisa, desenvolvimento e certificação de produtos aeronáuticos, bem como a formação de pessoal especializado em ensaios em voo (BRASIL, 2013b).

No IPEV coexistem atividades administrativas, técnicas e logísticas em suporte à atividade aérea, a qual está organizada em três grandes áreas: voos de ensaio com e sem abertura de envelope (condições de voo ainda não testadas), instrução aérea de pessoal especializado (curso de ensaios em voo e curso de recebimento de aeronaves) e operações aéreas (instrução de voo básica e transporte aerológico).

De acordo com as normas em vigor, o Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáutico (PPAA) é o instrumento por meio do qual se transmite as políticas de segurança de voo, processos, métodos, ferramentas, dados estatísticos, atividades (educativas, promocionais, vistorias e auditorias, programas, gestão do risco, divulgação operacional, reportes) e responsabilidades, visando à prevenção de ocorrências aeronáuticas (BRASIL, 2013a).

Em virtude das peculiaridades do IPEV, o PPAA é complementado pelo PSVE, principal ferramenta de GR em ensaios, cujo processo está estruturado em quatro fases conforme ilustrado na Figura 4 (BRASIL, 2013b).



Figura 4 – Fases do PSVE. Fonte: Brasil (2013, p.3).

Na fase de planejamento (primeira etapa), a equipe de ensaio explora as condições potencialmente inseguras para a realização do ensaio, aplica medidas mitigadoras e classifica o nível de risco. A previsão do comportamento da aeronave ou do sistema a ser ensaiado é um aspecto relevante para diminuir a incerteza do ensaio. Para tal, são considerados testes em laboratório, ensaios no solo, meios computacionais disponíveis, meios de simulação e outras formas de levantamento de dados como meios para mitigar os riscos.

A segunda fase (revisão de segurança) é realizada por pessoal mais experiente e especializado em segurança de voo de modo a inserir medidas extras que visem ao aperfeiçoamento da documentação de ensaio. Nessa fase o revisor poderá aplicar procedimentos adicionais e, se necessário, alterar a classificação inicial do nível de risco.

Durante a execução dos ensaios (terceira etapa), qualquer situação anormal é documentada e encaminhada ao revisor do ensaio, juntamente com as providências tomadas, para registro, revisão dos procedimentos de segurança e utilização em futuros planejamentos.

Ao final (quarta fase), analisam-se as condições inseguras identificadas nas fases anteriores, com o objetivo de renovar e atualizar a base de dados relacionada com a segurança operacional dos ensaios, permitindo a aplicação das lições aprendidas em atividades futuras.

Além desse processo, antes de cada voo, os pilotos preenchem um formulário de GR contendo perguntas relativas aos fatores apresentados no Quadro 2 a seguir.

<b>Fatores Individuais</b>	<b>Fatores Operacionais</b>
Horas de trabalho no dia	Dias desde o último voo no tipo de aeronave
Carga de trabalho	Experiência nesse tipo de aeronave
Alimentação e hidratação	Realização de simulador da aeronave
Descanso da tripulação (última noite)	Prova de emergências críticas válida
Preocupações pessoais	Possui treinamento de CRM
Complexidade da missão	Dias desde o último voo em qualquer aeronave
Experiência na missão	Número de voos realizados no dia
Visibilidade do aeródromo	Número de voos realizados na semana
Altitude do voo	Horário de briefing
Homologação do aeródromo de destino	Composição da tripulação

**Quadro 2** – Campos do Formulário de Gerenciamento de Risco do IPEV. Fonte: Brasil (2013b).

Para cada item presente no Quadro 2, há características específicas relacionadas com os graus de risco. O piloto deve avaliar para cada item a condição de risco e escolher a opção entre leve, moderado ou alto, o que corresponde respectivamente aos pontos 1, 2 e 3. Ao final do formulário é inserido o resultado do somatório de todos os campos. De acordo com a pontuação total, a missão é classificada em alto, médio ou baixo risco.

#### 4 METODOLOGIA

Como estratégia para alcançar os objetivos específicos elencados na pesquisa foi utilizado o método dedutivo, por meio de uma pesquisa qualitativa, bibliográfica, consultando-se livros e artigos científicos sobre o tema e também documental, estudando-se os Relatório de Investigação de Acidente Aeronáutico (RELIAA) e PSVE do IPEV.

Foram adotadas as teorias de James Reason (1997) sobre Fatores Humanos e a ocorrência do acidente, por serem utilizadas, não somente como base para as atividades de segurança de voo no Brasil, como também internacionalmente, conforme se observa nos documentos brasileiros e da Organização Internacional da Aviação Civil (OACI). Dessa forma, além de auxiliar na definição de acidente, contribuiu para localizar os fatores contribuintes no processo que pode levar ao acidente aeronáutico.

O modelo HFACS, baseado em Wiegmann e Shappell (2003), foi empregado para aprofundar o estudo das causas das ocorrências e para servir como base no processo de identificação e padronização dos fatores contribuintes presentes nos acidentes aeronáuticos. Esse modelo foi escolhido por possibilitar a avaliação de um quantitativo maior de fatores contribuintes. Além de ser uma ferramenta consagrada na atividade de investigação dos acidentes aeronáuticos, sendo amplamente utilizada por diversos órgãos de investigações, dentre eles o National Transportation Safety Board (Stolzer; Halford; Goglia, 2008).

Os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014) foram adotados para clarificar a identificação de risco e a importância da combinação das abordagens reativa, proativa e preditiva no GR. Além disso, serviram de instrumentos para embasar as análises e conclusões deste trabalho. Tais conhecimentos são amplamente difundidos pelo Safety Management System (SMS), sistema consagrado na gestão de segurança de organizações ligadas à aviação.

Para verificação dos fatores causais, foi construída uma árvore de falhas utilizando a ferramenta FTA. Tal ferramenta foi considerada apropriada para este estudo, pois permitiu a investigação dos fatores causais em qualquer nível desejado. Além disso, a FTA é uma metodologia recomendada pelo SMS e amplamente utilizada na engenharia de segurança e engenharia de confiabilidade.

#### 4.1 Procedimentos concernentes aos objetivos específicos

Para atingir o primeiro objetivo específico, de conceituar identificação de perigo à segurança de voo foi utilizada a teoria de causa múltipla de James Reason (1997) e os estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014).

O segundo objetivo específico, descrever o PSVE e o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, foi atingido por meio de pesquisa documental ao PSVE e ao formulário de GR do IPEV.

Em relação ao terceiro objetivo específico, identificar os fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012, foi realizada pesquisa documental a todas as investigações de acidentes aeronáuticos ocorridos entre 2002 e 2012 com aeronaves e pilotos do IPEV. Utilizou-se a taxonomia do método HFACS para identificar os fatores contribuintes. Para construir a árvore de falhas dos acidentes do IPEV, contendo os fatores causais, foi utilizada a ferramenta FTA.

Para atingir o quarto objetivo específico, comparar os fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012 com o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, foi realizada uma triagem dos fatores causais aplicáveis ao Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (PPAA) e os aplicáveis ao formulário. Os fatores ligados aos aspectos comportamentais do indivíduo e aspectos técnicos da aeronave foram considerados não aplicáveis ao formulário, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto, por meio de tal protocolo, antes da realização do voo. Em seguida, foi verificado se havia correspondência entre os fatores aplicáveis e os campos presentes no formulário.

A fim de cumprir o quinto objetivo específico, analisar a relação entre fatores causais dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012 e o formulário de GR utilizado no IPEV em 2015, realizou-se uma análise qualitativa do resultado apresentado pelo quarto objetivo específico, baseando-se na teoria das causas múltiplas de Reason (1997) e nos estudos de Müller e Drax (2014).

#### 4.2 Delimitação do Universo

A pesquisa foi realizada considerando-se o formulário de gerenciamento de risco utilizado no IPEV em 2015 e os Relatório de Investigação de Acidente Aeronáutico (RELIAA) do IPEV entre os anos de 2002 e 2012.

Nesse período, foram encontrados seis RELIAA, sendo que um deles relacionava-se diretamente a falha de material. Como o escopo do trabalho foram os aspectos relacionados aos fatores humanos, tal acidente não foi utilizado na pesquisa. Assim, o universo da pesquisa foi reduzido a cinco acidentes.

Foi escolhido o formulário de GR do ano de 2015 por ser o formulário mais recente em uso no IPEV. Em relação ao recorte temporal dos acidentes, foi selecionado o período de 2002 a 2012, pois antes de 2002 não havia RELIAA em mídia a disposição deste pesquisador e, entre 2012 e o início desta pesquisa, não houve acidentes no IPEV.

#### 4.3 Construção da Árvore de Falhas

Para a construção da árvore de falhas, foram consultados os RELIAA entre os anos de 2002 e 2012 encontrados na Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAA) do IPEV. Foram extraídas informações como: tipo de ocorrência, data, modelo e matrícula das aeronaves, danos pessoais e materiais, fatos, fatores contribuintes e fase de operação.

Iniciou-se a construção da árvore de falhas pela modificação da classificação de fatores contribuintes. Utilizou-se a taxonomia descrita pelo método HFACS ao invés da utilizada pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), uma vez que a HFACS é mais recomendada para fatores humanos. Os itens relacionados a supervisão e influências organizacionais foram considerados não relevantes para o formulário, pois são itens os quais naturalmente os pilotos, sem formação na área de segurança de voo, não possuem conhecimento para avaliar. Assim, tais itens foram desconsiderados nesta pesquisa.

Os fatos e fatores contribuintes, já identificados na pesquisa documental dos RELIAA, serviram de base para identificar as pré-condições e atos inseguros da taxonomia HFACS presentes em cada acidente. Em seguida foi construído um diagrama, contendo os fatores contribuintes classificados e seus fatores causais para cada acidente isoladamente. Por fim, os diagramas isolados foram unificados.

Com base no diagrama unificado dos fatores contribuintes, foi construída uma árvore de falhas por meio do método FTA. Iniciou-se com a falha, o acidente no IPEV, e as ramificações derivadas as quais destacam as condições latentes que contribuíram para o acidente. As principais ramificações foram selecionadas de acordo com HFACS e endereçadas ao ambiente desfavorável, degradação física e mental e as ações inapropriadas. Ao término, foram inseridas as ramificações contribuintes para a falha até ser atingido o evento básico.

#### 4.4 Limitações da Pesquisa

A limitação desta pesquisa refere-se a influência dos aspectos organizacionais e de supervisão encontrados nos acidentes. Tais aspectos não foram investigados, pois seria necessária uma formação específica na área de segurança de voo e psicologia de aviação para avaliação desses itens antes do voo. Normalmente, o piloto não possui esse tipo de formação.

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Com base na pesquisa documental realizada aos RELIAA foi construído o Quadro 3 a seguir, contendo informações a respeito dos acidentes investigados.

Nº	Data	ANV	Tipo de Missão	Ocorrência
1	06/03/02	HB 355F2	Intercâmbio com piloto estrangeiro	Perda de controle em voo
2	02/04/07	EMB- 110	Instrução CEV	Pouso sem trem
3	13/10/10	Neiva T-25	Ensaio em Voo	Pane seca
4	21/11/10	EMB- 110	Transporte Aerológico	Perda de controle no solo
5	24/09/12	EMB- 314	Translado	Pouso antes da pista

**Quadro 3** – Acidentes no IPEV entre 2002 e 2012. Fonte: Autor (2016).

O acidente de nº 1 refere-se à missão diurna de instrução em helicóptero para pilotos-alunos da United States Air Force Test Pilot School (USAF TPS), cumprindo programação curricular de intercâmbio entre o IPEV e aquela instituição. Durante o treinamento de decolagem e pouso, na segunda decolagem, o aluno atuou inadequadamente nos comandos provocando perda de controle (rolamento dinâmico) e colisão com o solo, ocasionando perda total do equipamento. O instrutor superestimou a capacidade do piloto-aluno, permitindo a decolagem sem o acompanhamento que a circunstância exigia. Não houve lesões aos tripulantes.

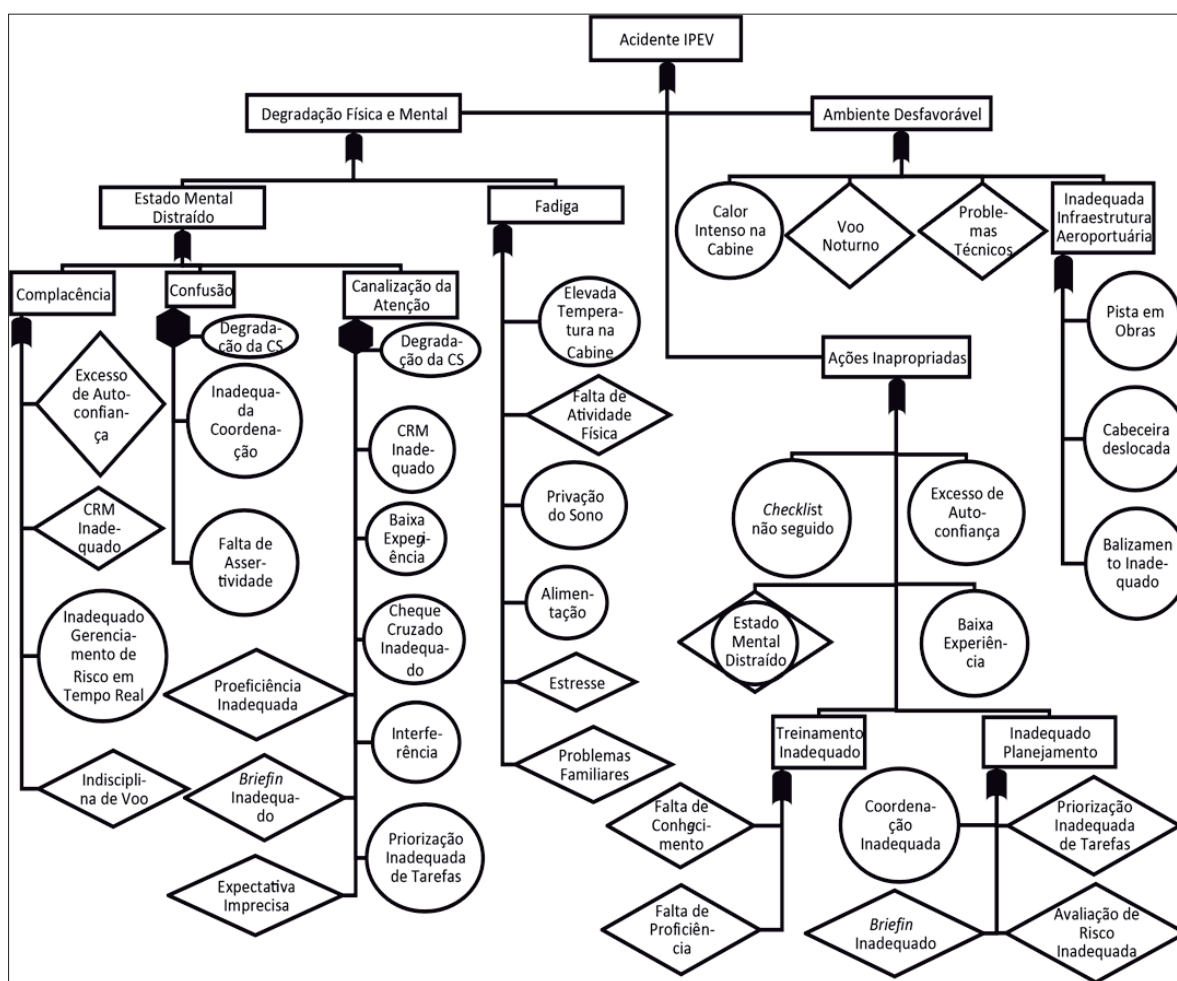
O segundo acidente ocorreu em uma missão de instrução do Curso de Ensaio em Voo (CEV), durante o tráfego para toque monomotor simulado e arremetida bimotor. Realizou-se o pouso na pista com os trens de pouso recolhidos e as hélices colidiram com o solo, ocasionando parada brusca dos motores. Verificou-se que o instrutor acumulava muitas atividades administrativas e teve um período de sono menor que o habitual. O aluno, por sua vez, estava submetido a uma grande carga de trabalho em virtude das características inerentes ao CEV. O briefing ao mecânico foi realizado de forma superficial. Além disso, havia forte ruído no sistema de comunicação e alta temperatura na cabine. A aeronave sofreu danos severos e não houve lesões aos tripulantes.

Em relação ao terceiro acidente, a aeronave estava instrumentada para uma campanha de ensaios em voo que visava identificar a causa da formação de vapor de combustível na linha de alimentação do motor. O piloto não selecionou o tanque principal antes da decolagem, como previa a lista de verificações. Em voo de cruzeiro, ocorreu o apagamento do motor. Foi tentada a partida em voo sem sucesso, pois não foram seguidos todos os itens previstos na lista de verificação. Houve omissão involuntária de procedimento pelo piloto, em decorrência do esquecimento de troca de tanque nos cheques (ponto de espera e falha no motor). A aeronave pousou forçado em pane seca antes da cabeceira da pista, danificando motor, hélice e trem de pouso. Os dois tripulantes não sofreram lesões.

O quarto acidente foi tipificado como perda de controle no solo durante a realização de uma missão de transporte aerológico. Ao efetuar a aterrissagem no aeródromo Santos Dumont (SBRJ), o primeiro piloto optou por utilizar os freios antes do reverso, contrariando o preconizado pelo manual de voo da aeronave. O segundo piloto, por sua vez, manteve a atenção canalizada para o interior da nacele, realizando os procedimentos normais. A aeronave perdeu o controle durante a corrida de pouso, saindo para a esquerda, ultrapassando os limites da pista e atingindo as cercas de proteção do aeroporto. Não houve lesões aos tripulantes.

O quinto acidente refere-se a um traslado de aeronave, em condições noturnas, com pouso no aeródromo de Gavião Peixoto (SBGP), que encontrava-se em obras e com a cabeceira de pouso deslocada. O balizamento luminoso não apresentava distinção entre a parte impraticável (em obras) e a disponível para pouso e decolagem. Os limites da pista não foram identificados pelo piloto e a aeronave pousou antes da cabeceira deslocada, colidindo com obstáculos durante a corrida após o pouso. Ao observar o fogo gerado ao redor da aeronave, o piloto comandou a ejeção. A aeronave sofreu danos graves e o piloto não se feriu.

Para verificar as causalidades presentes nos acidentes descritos de forma padronizada e permitir a comparação com o formulário de risco, os fatores contribuintes presentes nos acidentes foram classificados seguindo a taxonomia HFACS (ESTADOS UNIDOS, 2005) de forma individualizada. Em seguida foi construído um diagrama para cada acidente, contendo os fatores contribuintes já classificados e seus respectivos fatores causais. Por fim, todos os diagramas isolados foram unificados, sendo construída uma árvore de falhas dos acidentes investigados no IPEV de acordo com a metodologia FTA. Esta árvore é apresentada por meio da Figura 5 a seguir.



**Figura 5** – Árvore de Falhas de Acidentes no IPEV entre 2002 e 2012. Fonte: Autor (2016).

A Figura 5 representa a unificação das causalidades dos acidentes investigados por meio de uma árvore de falha. Esta árvore inicia-se com a falha, o acidente no IPEV, e, na sequência, apresenta as ramificações derivadas as quais destacam as condições latentes que contribuiram para o acidente. As principais ramificações foram selecionadas de acordo com HFACS e endereçadas ao ambiente desfavorável, degradação física e mental e as ações inapropriadas.

O ambiente desfavorável foi influenciado pelo calor intenso na cabine, pelas condições noturnas, problemas técnicos e inadequada infraestrutura aeroportuária. Este derradeiro fator foi justificado pela presença de obras, cabeceira deslocada e balizamento inadequado.

A degradação física e mental sofreu interferência do estado mental distraído e da fadiga. Esta última foi atuada pela elevada temperatura da cabine, falta de atividade física, privação do sono, alimentação, estresse e por problemas familiares. O estado mental distraído foi interferido pela complacência, confusão e canalização da atenção. A complacência foi justificada por aspectos relacionados ao Crew Resource Management (CRM), ou seja, Gerenciamento de Recursos da Tripulação, além do GR, indisciplina e excesso de autoconfiança. A confusão e a canalização foram influenciadas por doze fatores (conforme Figura 5), porém só foram desencadeadas por meio da condicionante degradação da consciência situacional (CS).

As ações inapropriadas foram justificadas pelo checklist não seguido corretamente, excesso de autoconfiança, estado mental distraído, baixa experiência, planejamento e treinamento inadequados. Este derradeiro fator foi interferido pela falta de treinamento e proficiência. O planejamento foi influenciado pelas seguintes inadequações: briefing, coordenação, avaliação do risco e priorização de tarefas.

Dos fatores que causaram os acidentes do IPEV apresentados na árvore de falhas, verificam-se problemas relacionados diretamente aos aspectos comportamentais do ser humano. Tais fatores foram reunidos no Quadro 4 a seguir.

<b>Fatores causais ligados aos lapsos do comportamento humano</b>	
Avaliação de risco inadequada	Excesso de autoconfiança
Canalização da atenção	Expectativa imprecisa
Checklist não seguido corretamente	Inadequado GR em tempo real
Cheque cruzado inadequado	Indisciplina de voo
Complacência	Interferência
Confusão	Priorização inadequada de tarefas
Coordenação inadequada	Proficiência inadequada
Degradação de CS	Saturação de tarefas

**Quadro 4** – Relação de fatores causais não aplicáveis ao formulário. Fonte: Autor (2016).

Foram desconsiderados os itens apresentados no Quadro 4, juntamente com os aspectos técnicos da aeronave, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto por meio de tal formulário antes da realização do voo.

Os demais itens apresentados na árvore foram considerados aplicáveis, sendo possível assim a comparação com o formulário de GR do IPEV. O resultado desta comparação está apresentado no Quadro 5 a seguir, sendo separados em itens presentes e ausentes em tal protocolo.

<b>Fatores Presentes no Formulário</b>	<b>Fatores Ausentes no Formulário</b>
Alimentação	Briefing Inadequado
Baixa Experiência	Calor Intenso na Cabine
CRM Inadequado	Falta de Atividade Física
Fadiga e Estresse	Falta de Conhecimento
Falta de Proficiência	Inadequado Planejamento
Privação do Sono	Inadequada Infraestrutura Aeroportuária
Problemas Familiares	Balizamento inadequado
Treinamento Inadequado	Cabeceira deslocada
Voo Noturno	Pista em obras

**Quadro 5** – Comparação entre fatores causais dos acidentes e formulário de GR do IPEV. Fonte: Autor (2016).

De acordo com o quadro 5, verifica-se que formulário possibilitaria a identificação dos perigos relacionados na coluna da esquerda. Contudo, o piloto, utilizando tal ferramenta, não identificaria os perigos relacionados na coluna da direita, os quais seriam considerados vulnerabilidades presentes no formulário.

Essas vulnerabilidades podem ser abordadas sob a ótica da teoria do Queijo Suíço de James Reason (1997). Nesta perspectiva, os perigos não identificados no formulário formariam condições latentes e poderiam contribuir para um acidente aeronáutico. Porém, Reason (1997) defende a identificação dessas vulnerabilidades ocultas e a criação de defesas, aumentando a segurança.

Neste caso específico, a atualização do formulário de GR do IPEV, a fim de contemplar os fatores ausentes do Quadro 5, poderia servir como uma barreira para evitar o desencadeamento do acidente. Considerando o acidente como o resultado da combinação de falhas latentes e falhas ativas, a minimização das falhas latentes contribuiria para o aumento do nível de segurança de voo.

Verificou-se, por meio das informações contidas no Quadro 4, a presença de vários itens não aplicáveis ao formulário de gerenciamento em virtude de serem itens diretamente relacionados aos “lapsos do comportamento humanos”.

Tal percepção converge com os estudos Wiegmann e Shappell (2003), os quais citam tais lapsos como fatores causais na maioria dos acidentes, sendo comumente atribuídos a “erro humano”.

O erro é inerente ao comportamento humano. O formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais descritos no Quadro 4. Para gerenciar esses perigos seria necessário a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário, como a ampliação de atividades educativas do PPAA e treinamento de CRM.

Percebeu-se que a combinação da abordagem reativa (estudos dos acidentes) com a proativa (verificação do formulário) evidenciou vulnerabilidades as quais dificilmente seriam identificadas utilizando abordagens isoladas.

Tal apreciação converge com o pensamento de Müller e Drax (2014), em que a combinação de métodos reativos, proativos e preditivos levará a efetiva identificação de perigos e irá fornecer informações fundamentais para o GR.

Nesse sentido, confirma-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes sejam percebidas e utilizadas na gestão da segurança antes do desencadeamento do acidente.

## 6 CONCLUSÃO

A prevenção de acidentes aeronáuticos auxilia as organizações a atingirem seus objetivos, preservando meios essenciais para o cumprimento de suas atribuições. Dessa forma, pesquisas que busquem reduzir os acidentes aeronáuticos no IPEV, além de contribuir para a eficiência na realização da atividade de ensaio em voo, auxilia na preservação da vida dos envolvidos em tal atividade.

Tendo em vista o objetivo desta pesquisa de analisar de que maneira o formulário de gerenciamento de risco utilizado no IPEV em 2015 influenciaria na identificação de perigo dos acidentes aeronáuticos ocorridos no IPEV entre os anos de 2002 e 2012, foi realizada uma pesquisa qualitativa, utilizando o método dedutivo, com base nas teorias de James Reason (1997) e nos estudos de Roland Müller e Christopher Drax (2014). Reason criou a teoria do Queijo Suíço, um modelo linear e epistemológico, que explica a ocorrência do acidente aeronáutico pela existência de condições latentes no sistema que, associado a falhas ativas, ultrapassa as defesas ou barreiras e provoca o evento negativo. Müller e Drax descrevem a importância da combinação das abordagens reativa, proativa e preditiva na identificação de perigos.

Segundo os fatos presentes nos relatórios de investigação, os fatores contribuintes foram classificados seguindo a taxonomia HFACS. Com uso do método FTA, foi construída uma árvore de falhas dos acidentes do IPEV, contendo fatores causais dos acidentes. Os fatores causais associados aos aspectos comportamentais do ser humano e técnicos da aeronave foram considerados não aplicáveis, pois não poderiam ser identificados pelo próprio piloto por meio de tal formulário antes da realização do voo. Os demais itens apresentados na árvore foram considerados aplicáveis, e foram comparados ao formulário de GR do IPEV.

Com base nos resultados do trabalho e na convergência destes com os pensadores, entendeu-se que o objetivo da pesquisa foi alcançado. O formulário poderia auxiliar o piloto na identificação dos perigos relacionados aos seguintes fatores: alimentação, baixa experiência, CRM inadequado, fadiga, estresse, falta de proficiência, privação do sono, problemas familiares, treinamento inadequado e voo noturno. Contudo o piloto, utilizando o formulário, não identificaria os perigos relacionados à falta de conhecimento, planejamento, briefing, calor intenso na cabine, falta de atividade física e inadequada infraestrutura aeroportuária.

Na perspectiva de Reason (1997), os perigos não identificados no formulário formariam condições latentes no sistema e poderiam contribuir para um acidente aeronáutico. Porém, ele defende que podemos identificar essas vulnerabilidades ocultas e criar defesas, aumentando a segurança. Neste caso específico, pode-se atualizar o formulário de gerenciamento de risco do IPEV a fim de contemplar tais itens.

Como conclusão da pesquisa, verificou-se que o formulário, mesmo sendo atualizado, não seria capaz de identificar os perigos associados aos aspectos comportamentais descritos no Quadro 4. Para gerenciar esses perigos seria necessário a utilização de outras defesas conjugadas ao uso do formulário, como a ampliação de atividades educativas do PPAA e treinamento de CRM.

Além disso, confirmou-se a importância da combinação de abordagens reativas, proativas e preditivas na avaliação dos processos, nesse caso o formulário de GR, a fim de que as possíveis falhas latentes fossem percebidas e utilizadas na gestão da segurança antes do desencadeamento do acidente.

A limitação desta pesquisa refere-se a influência dos aspectos organizacionais e de supervisão encontrados nos acidentes que não foram investigados nessa pesquisa.

Sugere-se, para trabalhos futuros, que os perigos identificados na árvore de falhas dos acidentes do IPEV sejam comparados ao demais processos do PSVE e PPAA, com a finalidade de identificar novas vulnerabilidades, aumentar a consciência situacional dos membros da organização em relação aos pontos fracos do sistema e contribuir para o aprimoramento da segurança de voo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica (NSCA) 3-3: Gestão da Segurança de Voo na Aviação Brasileira**. Brasília, 2013, 35p.

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto de Pesquisa e Ensaios em Voo. Portaria 50/ IPEV-SIPAA, de 22 de maio de 2013. Aprova a reedição do Programa de Segurança em Voos de Ensaio (PSVE). **Boletim Interno do IPEV**, São José dos Campos, SP, n.24, f.15, 24 maio 2013b.
- DEJOY, D. Managing safety in the workplace: an attribution theory analysis and model. **Journal of Safety Research**, [S.I.], v. 25, n. 1, p. 3–17, mar./maio 1994.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **Human Factors Analysis and Classification System: A mishap investigation and data analysis tool**. Washington, 2005. Disponível em: <www.uscg.mil/> Acesso em: 02 jun. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. Department of Air Force. **Air Force Policy Directive - AFPD 90-8**. Washington, 2012. Disponível em: <http://static.e-publishing.af.mil/>. Acesso em: 16 jun. 2016.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9859: Safety Management Manual (SMM)**. 3 ed. Montreal, 2013. ISBN 978-92-9249-214-4.
- MÜLLER, R.; DRAX, C. **Aviation Risk and Safety Management**. Springer: Sankt Gallen, 2014
- O ESTADO DE SÃO PAULO. **Jato de Campos caiu por erros dos pilotos, diz FAB**. São Paulo, 20 jan. 2016.
- REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Burlington: Ashgate, 1997.
- STOLZER A. J.; HALFORD C. D.; GOGLIA J.J. **Safety Management Systems in Aviation**. Farnham: Ashgate, 2008.
- VASQUEZ, B. **Analysis of the Effectiveness of F-15E Risk Management during Peacetime Operations**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Systems Engineering, Air Force Institute Of Technology, Ohio, 2015. Disponível em: <http://www.dtic.mil/>. Acesso em: 23 jun. 2016.
- WIEGMANN, D.; SHAPPELL, S. **A human error approach to aviation accident analysis: the human factors analysis and classification system**. Cornwall: MPG Books Bodmin, 2003.



---

# Proposta de Aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e Padronização do Segmento Privado da Aviação no Brasil

Thales Levy<sup>1</sup>

1 Bacharel em Aviação Civil pela UAM, pósgraduando em Segurança da Aviação e Aeronavegabilidade Continuada no ITA. Piloto Comercial (MLTE, IFR) e instrutor de voo. Atua como instrutor em treinamentos em SRM, CRM e navegação aérea em instituições como Aeroclub de São José dos Campos, ABRAPAC e Na Rota Certa- treinamentos online. Possui diversos cursos na área de segurança de voo e operacional como SGO, The Art Of Aeronautical Decision-Making, Avoiding Loss of Control, CRM (Corporate Resource Management), curso básico de prevenção de acidentes e incidentes aeronáuticos e Fatigue Countermeasure Training. tha\_levy@hotmail.com

---

**RESUMO:** A aviação privada e executiva é o segmento no Brasil que possui a maior frota de aeronaves homologadas do país. Com o maior índice de acidentes aeronáuticos, não apenas por ter mais aeronaves em operação, mas também por ser um setor fragilizado em que não há barreiras eficientes para prevenir acidentes e incidentes. Neste segmento as operações single pilot (um piloto apenas) são preponderantes nos acidentes divulgados pelo CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), com um alto índice de contribuição dos fatores humanos pela dificuldade no gerenciamento de toda a operação. O presente estudo busca analisar todos os fatores que influenciam na segurança de voo deste segmento, apresentando as diversas ferramentas que são impostas no treinamento de SRM para mitigar as ocorrências aeronáuticas e padronizar a operação, baseando-se nos maiores fatores de risco, com isso fortalecendo a segurança do voo.

**Palavras Chave:** Aviação Privada. Fator Humano. Segurança de Voo. SRM.

## Proposal for the Application of the Srm (Single-Pilot Resource Management) and the Standardization of the Private Segment of Aviation in Brazil

**ABSTRACT:** Private and executive aviation is the segment in Brazil that has the largest fleet of certified aircraft in the country. With the highest rate of aeronautical accidents, not only because it has more aircraft in operation, but also because it is a fragile sector in which there are no efficient barriers to prevent accidents and incidents. In this segment, single pilot operations are predominant in the accidents reported by the CENIPA (Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Centre), with a high index of human factors contributing to the difficulty in managing the entire operation. The present study seeks to analyse all the factors influencing the flight safety of this segment, presenting the various tools that are imposed in the SRM training to mitigate the aeronautical occurrences and to standardize the operation, based on the major risk factors, thus strengthening the safety of the flight.

**Key words:** Private Aviation. Human Factor. Flight Safety. SRM.

**Citação:** Levy, T. (2017) Proposta de Aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e Padronização do Segmento Privado da Aviação no Brasil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 108-120.

### 1 INTRODUÇÃO

O seguimento privado é necessário para a aviação brasileira e nele se concentra executivos e proprietários de aeronaves, movimentando dinheiro, gerando empregos, profissionalizando mais os pilotos e servindo para transporte também. Com isso seu crescimento é inevitável (ABAG, 2015).

Todavia, há necessidade de um crescimento ordenado deste segmento. Atualmente o segmento privado possui mais de 40% de toda a frota brasileira de aeronaves e é responsável por 46% de todos os acidentes do Brasil, em razão dos diversos fatores que serão explorados neste estudo, além do ambiente em que se trabalha e voa (CENIPA, 2016).

Devido ao cenário em que a aviação privada se encontra, torna-se imprescindível a implementação de uma ferramenta para mitigar os acidentes do setor.

As análises realizadas neste estudo servirão de base para encontrar os principais fatores e causas influentes nos acidentes do segmento e implementar o treinamento de SRM de forma minimizar as ocorrências que possuem alto fator humano relacionado, construindo barreiras de padronizações e treinamentos baseados nos fatores encontrados.

#### 1.1 O Problema

Quais os principais fatores presentes nos acidentes do segmento privado e como aprimorar a segurança de voo, a fim de melhorar as barreiras contra erros, esquecimentos e fatores humanos?

Por que o SRM e outras ferramentas irão ajudar?

#### 1.2 Hipótese

Dados e relatos do CENIPA indicam uma grande contribuição dos fatores humanos nos acidentes dentro da aviação privada.

Partindo deste cenário, que operações single-pilot são preponderantes no segmento privado e possuem peculiaridades em seu gerenciamento que dificultam a operação, entende-se que a implementação de um treinamento específico para lidar com essas situações, assim como uma padronização de seus procedimentos, contribuirão para a redução das ocorrências relacionadas ao fator humano.

### 1.3 Objetivo Geral

Propor soluções de SRM como forma de diminuir os acidentes do segmento privado, aumentando os conhecimentos dos pilotos e padronizando este tipo de operação.

### 1.4 Objetivos Específicos

- Identificar as principais causas e fatores que contribuem para os acidentes do setor.
- Descrever o cenário da aviação privada, relacionando com aspectos da segurança de voo aplicada nas teorias de Hollnagel e James Reason.
- Discorrer sobre SRM e seu conteúdo.
- Apresentar proposta de padronização para uso em operações single-pilot no segmento privado e aspectos de segurança relacionados.

### 1.5 Discussão Metodológica

Durante o estudo, as informações pertinentes à ideia apresentada foram de referências de artigos, bibliotecas especializadas e internet (em sites de governos e empresas especializadas).

Foram realizadas análises estatísticas e de revisão bibliográfica para a busca de dados específicos de segurança operacional do setor privado.

Como resultado do estudo dos dados de acidentes e riscos da aviação privada, bem como dados sobre tecnologia, ambiente organizacional e tipo de operação envolvidos no segmento, serão apresentados comentários importantes para a análise do setor da aviação privada.

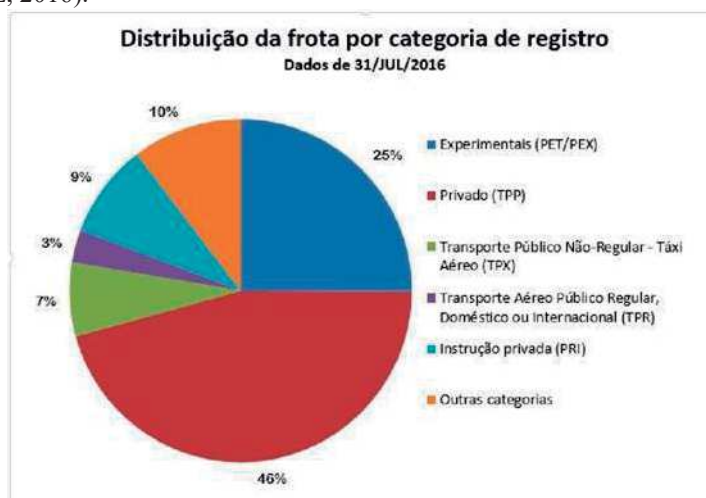
Os seguintes passos nortearam o desenvolvimento da análise:

- Seleção de teses, artigos e dados de grande importância relacionados ao tema;
- Identificação por meio do CENIPA e de teorias relacionadas com a segurança de voo, problemas operacionais da área da aviação privada;
- Análise dos fatores influentes no segmento privado, comparando com as teses atuais de segurança de voo;
- Identificação das possíveis ferramentas para melhorar a tolerabilidade dos acidentes aeronáuticos;
- Análise da possível contribuição da implementação do SRM;
- Elaboração de padronização a partir de ferramentas existentes para melhorar a segurança da operação.

## 2 CENÁRIO ATUAL DO SEGMENTO PRIVADO

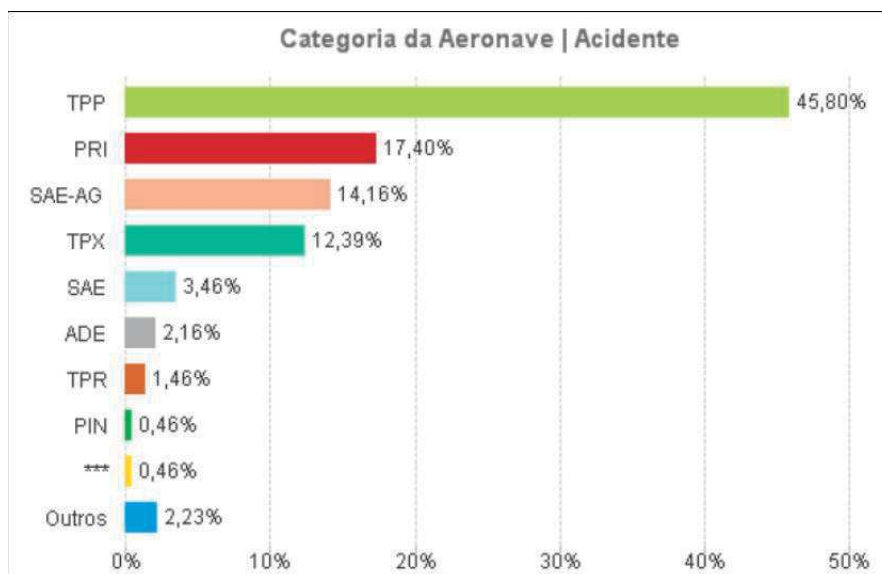
Segundo RBAC 47, serviços aéreos privados (TPP) são serviços não remunerados em benefício dos proprietários ou operadores, compreendendo as atividades aéreas de recreio ou desportivas, de transporte reservado ao proprietário ou operador de serviços aéreos especializados realizados em benefício exclusivo do proprietário ou operador, não podendo efetuar quaisquer serviços aéreos remunerados. Este segmento envolve a aviação executiva, proprietários que voam por amor à aviação ou para seu próprio transporte e pertence à aviação geral.

A aviação privada possui a maior frota de aeronaves homologadas do Brasil, com 46% de todas as aeronaves, como possível ver na figura 1 emitida pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). Este segmento conta com 10.019 aeronaves registradas em um total de 21.905 (BRASIL, 2016).

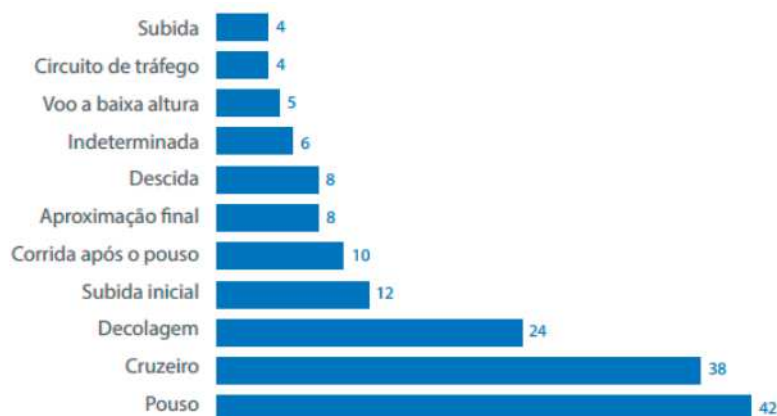


**Figura 1.** Distribuição de frota por categoria de registro. Fonte: ANAC 2016.

Com grande quantidade de pessoas e aeronaves envolvidas no segmento privado e executivo, o índice de acidentes e incidentes aeronáuticos também é o maior de todos os segmentos, pelas peculiaridades da operação que o compõem. O grupo de aeronaves é heterogêneo e com grande diversidade de missões envolvidas. Tais características e peculiaridades fazem com que a operação, a qualificação dos pilotos, a certificação e a manutenção das aeronaves, a infraestrutura de suporte e praticamente todos os demais aspectos relacionados à aviação privada sejam menos restritivos (RASO, 2015).

**Figura 2.** Estatística da porcentagem dos acidentes por segmento. Fonte: CENIPA 2016.

Com relação às fases do voo em que os acidentes são mais comuns no segmento, o pouso tem destaque majoritário, seguido por cruzeiro e depois por decolagem como mostra a figura a seguir:

**Figura 3.** Número de acidentes por fase de voo. Fonte: ANAC, RASO 2015.

Para um melhor entendimento, as figuras 4 e 5 mostram a divisão por modelo de aeronaves mais envolvidas em ocorrências aeronáuticas.

**Figura 4.** Divisão dos acidentes por modelo de aeronave. Fonte: CENIPA 2016.



**Figura 5.** Divisão de incidentes por modelo de aeronaves. Fonte: CENIPA 2016.

Nas figuras acima é possível identificar que os modelos que possuem maior taxa de acidentes e incidentes aeronáuticos exigem uma operação com apenas um piloto (single-pilot). Essas aeronaves são: Ipanema; Seneca; Robinson 44, AeroBoero; Cessna 210; Robinson 22; Corisco; Cherokee; Paulistinha.

### 3 CARACTERÍSTICAS E ASPECTOS DE SAFETY DA AVIAÇÃO PRIVADA

De acordo com a filosofia SIPAER, na qual se diz que todo acidente tem um precedente, torna-se inevitável analisar o histórico das causas e fatores contribuintes mais comuns, para se construir um método de prevenção eficiente e eficaz.

A figura 6 apresenta a relação da quantidade de acidentes e sua taxa de mortalidade do segmento privado e executivo presente no Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO), o que é muito importante para a análise do risco existente na operação.



**Figura 6.** Porcentagem dos acidentes que resultam em fatalidades. Fonte: ANAC, RASO 2015.

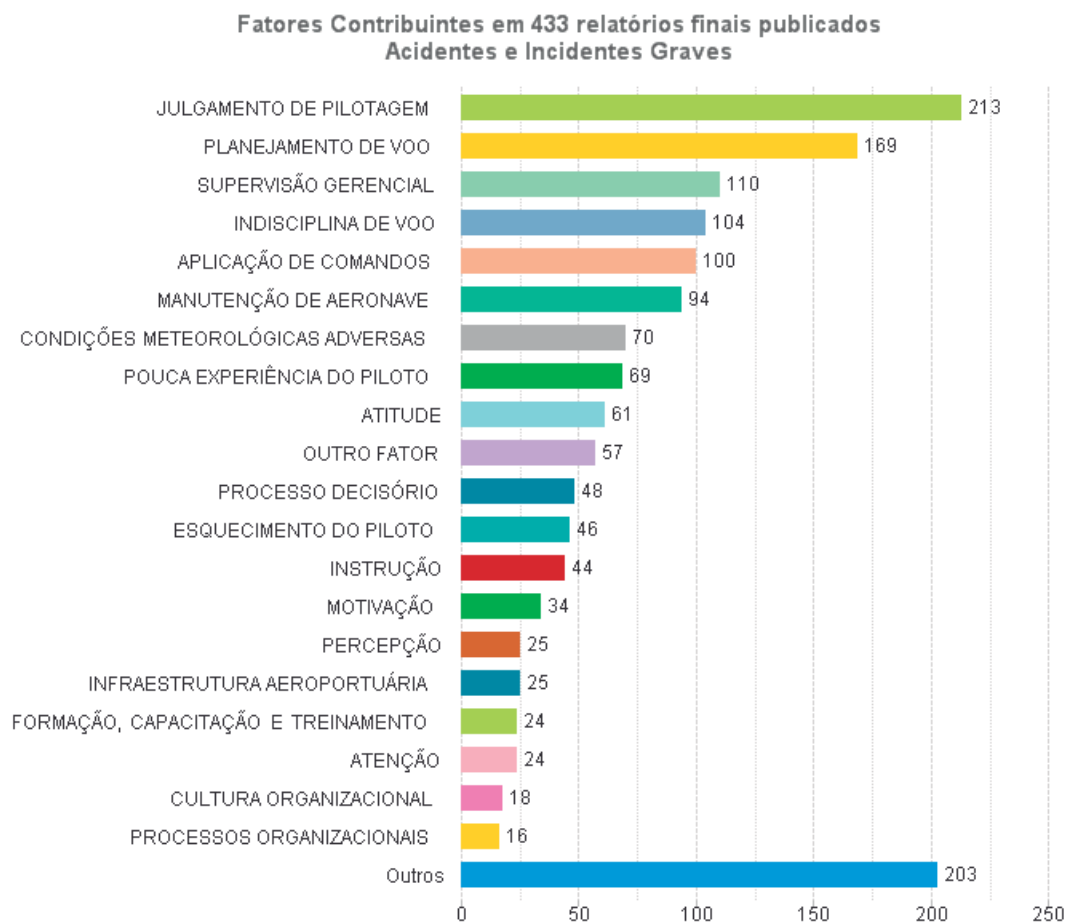
A falha de motor mostra o maior número de acidentes no setor, porém apresenta baixo índice de mortalidade. A perda de controle em voo é a ocorrência que mais registrou óbitos. A colisão com obstáculos possui mais de 20 acidentes e uma taxa de mortalidade entre eles de mais de 45%. O CFIT (*Controlled Flight Into Terrain*) possui baixo número de acidentes e uma alta taxa de mortalidade, já que 85% deixaram vítimas fatais (RASO, 2015).

Segundo Reason (2000), acidentes em sistemas complexos são produtos da conjunção de uma série de fatores denominados fatores contribuintes e as causas apontadas na Figura 6 não são o único motivo dessas ocorrências (REASON, 2000).

Para um entendimento e mapeamento dessas operações, entende-se causa imediata como a razão mais óbvia que antecedeu um acontecimento inesperado e a causa raiz está relacionada a fatos menos óbvios de sistemas ou organização que provocaram um evento adverso. Os autores entendem que causa raiz pode ser chamada de causa básica e contribuintes (BIRD E GERMAIN, 1986).

De acordo com o Safety Management System (SMS), causa imediata aquela é definida como a mais próxima do acidente que determina o ponto de irreversibilidade do mesmo e a causa raiz a mais distante do acidente em si. (SMS, 2013).

A partir das definições anteriores serão apresentadas as principais causas imediatas vistas na figura 6 com as causas raízes e fatores contribuintes destes acidentes.



**Figura 7.** Fatores Contribuintes nos acidentes do segmento privado. Fonte: CENIPA 2016.

Analisando a Figura 7, que expõe os fatores que contribuíram aos acidentes, ou causa raiz e imediata, é possível ver que o fator humano tem grande contribuição nos acidentes deste segmento, sendo julgamento de pilotagem, planejamento de voo e supervisão gerencial responsável por 31,7% dos fatores contribuintes (CENIPA, 2016).

Pode-se notar também a inexistência da coordenação de cabine, que mostra que os acidentes ocorridos no segmento não possuem operações Dual-Pilot e/ou o fator contribuinte não foi relevante para os acidentes com mais de um piloto.

Tony James, investigador de acidentes aéreos nos EUA, apresentou na Sun n' Fun em 2012, as dez principais causas de acidentes na aviação geral e fatores contribuintes, segundo ele. De acordo com James, a primeira causa é perda de controle em voo e fatores como consciência situacional, distração, controle de velocidade, economia, experiência e meteorologia. O segundo é o CFIT (Controlled Flight Into Terrain) com fatores como consciência situacional, planejamento, treinamento, distrações e Preflight. O terceiro pior acidente é a falha de motor em voo, com fatores contribuintes, manutenção e Preflight (JAMES, 2012). Identifica-se certa semelhança nos acidentes identificados por James (2012) e as estatísticas apresentadas neste estudo.

A partir desses dados há a necessidade do entendimento dos eventos que desencadeiam os acidentes e a compreensão das barreiras que o evitam ou o previnem.

Barreiras têm o propósito de prevenir ou proteger que uma série de eventos cause um acidente. Segundo Hollnagel (1998), para um acidente se concretizar uma ou mais barreiras do sistema devem falhar. Existem quatro tipos de barreiras a serem analisadas em função de um acidente: Material, Imaterial, Funcional e Simbólico (HOLLNAGEL, 1998).

**Barreira Material-** Está fisicamente presente para prevenir as consequências do acidente, como a tecnologia, sistemas redundantes entre outros.

**Barreira Imaterial-** Não está fisicamente presente na situação; com isso depende do conhecimento adquirido, assim como regras, leis, treinamento.

**Barreira Funcional-** Impede que alguma ação seja realizada, estabelecendo uma condição que precise ser seguida como a configuração do sistema que previne o erro humano.

**Barreira Simbólica-** Indica limitações de performance, assim como avisos visuais e sonoros, placas, textos e checklists (HOLLNAGEL, 1998).

Já as barreiras impressas, segundo o modelo de Reason (2000), são tecnologia, treinamento e regulamentos, as quais se referem à mesma ideologia da teoria de Hollnagel (1998).

Para fins da análise do segmento privado, será utilizada a teoria de Reason (2000), que trata o ser humano como falível e os erros esperados, sendo as defesas do sistema a ideia central para impedir os acidentes. Em sua teoria, Reason (2000) baseia-se na suposição de que embora não possa mudar a condição humana, é possível mudar as condições em que os seres humanos trabalham (REASON, 2000).

Com isso, a análise será feita nas defesas e barreiras Tecnologia, Regulamentação, Treinamento e Cultura Organizacional.

**Tecnologia** – A tecnologia utilizada nas aeronaves e em equipamentos deste segmento não favorece a segurança de voo. Como visto, em sua grande maioria, os acidentes estão relacionados a aeronaves de pequeno porte, segundo a ABAG (Associação Brasileira de Aviação Geral) 48% da frota tem mais de 30 anos, sendo pobres em redundância de sistemas, equipamentos tolerantes a erros humanos e sistemas de alerta, que segundo definições de Hollnagel (1998) e Reason (2000) são barreiras para um evento adverso, como erros, esquecimentos e falhas.

Pela preponderância do uso de aeronaves de pequeno porte e ao fato deste segmento operar em qualquer tipo de aeródromo, sem restrições, a tecnologia utilizada em termos de equipamentos de auxílio a navegação e auxílio ao pouso é menor e mais precária.

**Regulamentação** – A grande diversidade de aeronaves e operações dificultam a utilização de um regulamento específico e com isso se utiliza o RBAC 91, o qual dispõe de regras gerais para operadores da aviação civil, não tendo a devida atenção a suas peculiaridades de operação, com isso se torna menos restritiva e insegura (RASO, 2015). No segmento há menos restrição em termos de aeroportos a serem utilizados, treinamento, certificação da aeronave, conhecimentos, níveis mínimos de segurança, procedimentos e outros fatores que influenciam na segurança das operações.

**Treinamento** – Para o piloto operar no segmento privado basta ter horas suficientes para obter a carteira de Piloto Privado, em que se voa no mínimo 35 horas, ou 150 horas, no caso de Piloto Comercial. Porém não se exige que o piloto tenha horas e experiência na aeronave que irá operar. Atualmente é exigida apenas experiência recente e não um curso no modelo específico da aeronave, o que facilita o aumento do risco associado à operação (RBAC 91, 2006). Há também uma falta de treinamento especializado que pode-se perceber em outros setores, como é o caso da aviação agrícola, regular, taxi aéreo, em que se utiliza o CRM, Jet Training, Loft ou carteiras específicas como o CAVAG e carteira de Tipo para aeronaves maiores.

**Cultura organizacional** – Normalmente as empresas do segmento privado não são especializadas na atividade aérea, o que representa um dos fatores que mais contribui para as ocorrências do segmento. A supervisão gerencial inadequada deixa a segurança da operação depender apenas do piloto e do operador. A cultura dos proprietários e “patrões” normalmente não é a de segurança de voo e os fatores do segmento influenciam o piloto a não possuir esta cultura. Com isso, a padronização da operação fica a critério do proprietário ou piloto e não de empresas com setores especializados em safety, diminuindo assim as barreiras do sistema de segurança operacional e aumentando a incidência de erros humanos (REASON, 2000).

#### 4 POR QUE O SRM?

Para o estudo da melhora do cenário atual da aviação privada, foi realizada a análise de 501 Relatórios Finais do segmento privado que foram disponibilizados no site do CENIPA, apontando que em 92% das ocorrências registradas apenas um piloto operava a aeronave. Os dados apresentam que as operações do segmento são, em sua grande maioria, single-pilot. A falta da coordenação de cabine entre os fatores contribuintes nos acidentes e os modelos de aeronaves utilizados também indicam este tipo de operação. Este fato é importante para escolher os treinamentos e ferramentas a serem utilizados para mitigar os acidentes e seus fatores.

De acordo com a FAA (Federal Aviation Administration) (ESTADOS UNIDOS, 2015) o SRM é a arte de gerenciar os recursos dentro e fora da cabine, antes, durante e depois do voo, com apenas um piloto para garantir o sucesso da operação. A FAA já começou a utilizar o treinamento de SRM e outras ferramentas para diminuir o índice de acidentes da aviação geral (ESTADOS UNIDOS, 2015). Em seu guia de gerenciamento de risco de 2003, foi apresentada a ideia de que quando se voa na aviação geral o piloto exerce todas as tarefas pertinentes ao voo como planejar a rota, meteorologia, combustível dentre outras. Em companhias aéreas há equipes especializadas para cada tarefa da operação, há também padronizações da empresa, o que coloca a aviação a um nível seguro. Segundo a FAA (2003) se adotar procedimentos e padrões similares aos das grandes companhias é possível trazer esse nível de segurança para a aviação geral (ESTADOS UNIDOS, 2003).

O uso das ferramentas de gerenciamento do risco melhora a habilidade do piloto em reconhecer condições que apresentam novos riscos à operação, sendo a chave para a tomada de decisão mais eficiente (ESTADOS UNIDOS, 2003).

O SRM baseia-se em 6 áreas, nas quais métodos são utilizados a fim de ajudar na memorização e uso durante as operações. As áreas são denominadas “CARATS”:

- CFIT avoiding controlled flight into terrain (evitar voo controlado contra o terreno)
- ADM aeronautical decision making (tomada de decisão)
- Risk Management (gerenciamento do risco)/Automation Management (autopilot, glass panel training) (gerenciamento da automação)
- Task Management (use of checklists) (gerenciamento de tarefas com o uso do checklist)

- Situational awareness (not becoming distracted) (consciência situacional)

O SRM utiliza ferramentas de gerenciamento de risco e tomada de decisão para atingir as áreas citadas acima. A ferramenta denominada “5p’s” é adequada para monitorar todos os aspectos do voo, aumentando a consciência situacional, para o gerenciamento dos riscos operacionais (ESTADOS UNIDOS, 2015).

- Plan (planejamento) – apropriado para a missão e viável?
- Plane (avião) – capaz de cumprir a missão e em bom estado de funcionamento?
- Pilot (piloto) – à altura da tarefa a ser cumprida?
- Passengers (passageiros) – causando pressões, distrações ou problemas?
- Programming (programação) – automação e trabalho apropriados para a condição?

O “check” dos “5P’s” deve ser realizado antes e durante o voo, em certos pontos de decisão: Durante o planejamento do voo; Antes de decolar; A cada meia hora ou em intervalos apropriados; Antes de livrar a altitude de cruzeiro; Antes de iniciar a decida/aproximação/livrar o IAF (ESTADOS UNIDOS, 2015).

A ferramenta “3p’s” é um método para aprimorar a tomada de decisão (ESTADOS UNIDOS, 2009):

- Perceive (perceber o que está ocorrendo)
- Process (processar as informações)
- Perform (atuar de maneira consciente)

Durante a fase do primeiro P deve-se utilizar o PAVE (ESTADOS UNIDOS, 2003):

- Pilot (piloto) – Quão capaz ou preparado o piloto é ou está para realizar esta missão?
- Aircraft (aeronave) – Quão capaz ou preparada ela é ou está para realizar esta missão?
- enVironment (ambiente) – meteorologia, terreno, voos noturnos, VFR ou IFR.
- External factors (fatores externos) – pressão para chegar, clima, machismo

Durante o segundo P deve-se utilizar o CARE (ESTADOS UNIDOS, 2009):

- Consequences (consequências) – gerada pelo processo
- Alternatives (alternativas) – para a solução do evento
- Reality (realidade) – realidade propriamente dita
- External factors (fatores externos) – pressão para chegar, clima, machismo

Durante o terceiro P deve-se utilizar o TEAM:

- Transfer (transferir o evento) – caso seja inseguro
- Eliminate (eliminar o problema) – caso seja possível
- Accept (aceitar o risco) – caso não seja excessivo
- Mitigate (mitigar o risco) – para torná-lo aceitável

O acrônimo DECIDE é outra ferramenta de tomada de decisão, a diferença do modelo anterior é que o „3P’s” é um ciclo contínuo de identificação de riscos, enquanto o DECIDE tem o foco da resolução de apenas um problema (ESTADOS UNIDOS, 2009).

- Detect a problem (detectar um problema)
- Estimate need for action (estimar as necessidades para ação)
- Choose the desired outcome (escolher a solução desejada)
- Identify action (identificar a ação)
- Do the action (realizar a ação)
- Evaluate the effect of the action (avaliar os efeitos desta ação)

A utilização das ferramentas aqui apresentadas contribuem para a segurança das operações single-pilot que serão detalhadas no capítulo de contribuição do SRM e padronizações para a segurança da aviação privada.

## 5 A PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DO SEGMENTO PRIVADO

Como dito anteriormente a padronização e o treinamento das operações, são barreiras de acidentes aeronáuticos. As companhias aéreas possuem padrões definidos em que os pilotos não podem se desviar, obtendo alto nível de segurança. Na aviação privada tais padrões inexistem, o que diminui as exigências quanto ao nível de segurança da operação. Para incorporar padronizações ao segmento, o estudo apresenta ferramentas de fácil utilização e disponibilidade a todos.

Para a seguinte proposta as ferramentas apresentadas foram analisadas por sua facilidade e eficiência tendo em vista as principais causas de acidentes e fatores contribuintes do segmento privado e executivo. Será citada a ferramenta “5P’s”, apresentada no capítulo 3, por se mostrar eficiente para operações *single-pilot*.

A ANAC (2016) disponibiliza o *Checklist* Pessoal de Mínimos Operacionais, para que o piloto possa analisar seu planejamento de voo e briefings em diversos aspectos como pressões externas, piloto, aeronave e ambiente. Sua utilidade ainda não se encontra disseminada nos diversos segmentos da aviação Brasileira e não é diferente na aviação privada e executiva.

Segundo Humberto Branco, vice-presidente da APPA (Associação dos Pilotos e Proprietários de Aeronaves) em entrevista para o site Para Ser Piloto “Para mim, uma das mais inteligentes e poderosas ferramentas de segurança operacional para a aviação geral que poderia ser inventada”. A figura 8 apresenta a capa do checklist que esta disponível no site da ANAC.



Figura 8. Checklist Pessoal de Mínimos Operacionais. Fonte: ANAC 2016.

Pode-se utilizar o Checklist Pessoal de Mínimos Operacionais juntamente no aspecto Plan dos “5P’s”, na fase do planejamento do voo.

Dentro das informações do checklist, há informações referentes ao CFIT sendo de grande importância para manter uma distancia e margem de segurança com o terreno, para auxiliar no aspecto da identificação dos perigos no planejamento de voo.

Aumentar a consciência situacional nos equipamentos de altitude, climb e horizonte artificial, entre outras boas práticas apresentam eficiência para evitar este tipo de acidente quando há risco associado a regiões montanhosas.

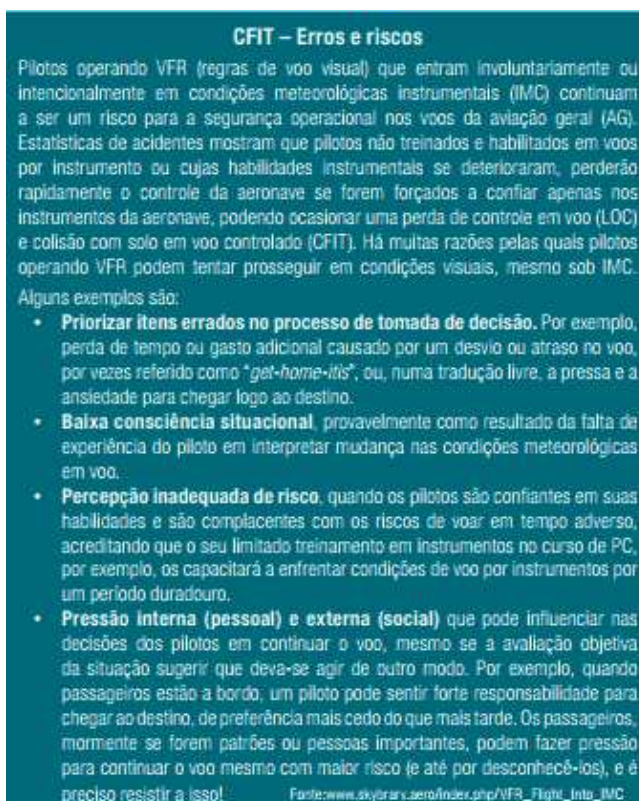


Figura 9- Checklist Pessoal de Mínimos Operacionais. Fonte: ANAC 2016.



A FAA em 2003 publicou um guia para análise do risco pessoal e do ambiente na fase do planejamento do voo.

<b>Pilot</b>			
Factor	VFR	IFR	Score
Less than 100 hours in type	+2	+3	
Unfamiliar Destination	+1	+1	
Fatigue (less than normal sleep prior night)	+2	+3	
Flight at end of work day	+2	+3	
Scheduled commitment after flight	+2	+2	
Recent death of close family member	+2	+2	
Major domestic problems	+2	+2	
Illness in family	+1	+1	
Second pilot who is rated and current	-1	-1	
Alcohol within the last 24 hours	+2	+2	
Taking over the counter medication	+3	+3	
Inadequate food prior to flight	+2	+2	
Inadequate water prior to flight/no water on board	+2	+2	
Day > 10,000' PA with no supplemental Oxygen	+2	+2	
Night > 5,000' PA with no supplemental Oxygen	+3	+3	
Flight duration more than 3 hours	+2	+2	
<b>TOTAL</b>			

<b>Aircraft</b>			
Factor	VFR	IFR	Score
Fuel calculation completed for flight with reserves for day/night conditions	-1	-1	
Total fuel required for flight with reserves for day/night conditions less 60% of available fuel	-2	-3	
Weight and balance calculated	-1	-1	
Weight within 10% of maximum gross	+2	+2	
Takeoff or landing distance more than 50% of runway length	+2	+2	
<b>TOTAL</b>			

Figura 10. Guia para análise do risco pessoal e do ambiente. FAA 2003.

<b>Environment</b>			
Factor	VFR	IFR	Score
Visibility 3 to 5 miles	+2	0	
Visibility 1 to 3 miles	+3	0	
Destination visibility less than 1 mile	+20	+1	
Ceilings less than 3,000' AGL	+3	0	
Destination ceilings less than 1,000' AGL	+10	+1	
Destination ceilings less than 500' AGL	+20	+2	
Convective activity within 20 NM of flight path	+5	+3	
Convective act./ no storm-scope/detection capability	+10	+3	
Convective activity with detection capability	0	-2	
Destination dew point spread less than 3°	+5	+1	
No de-icing equipment, surface temperature less than 40° F, and low clouds or precipitation	+30	+10	
Icing forecast (AIRMET more than light) at altitude required to fly with de-icing equipment	N/A	+2	
Operational control tower at destination	-2	-2	
VASI/PAPI at destination	-1	-1	
Radar environment at destination	-1	-1	
Mountainous terrain	+3	+3	
Approach/departure over water	+1	+1	
High bird hazard	+1	+1	
Unpaved runway	+1	+1	
IFR and only approach is non-precision	N/A	+2	
Weather reporting at airport	-1	-1	
Precipitation causing obstruction to visibility	+2	+1	
Wet runway	+1	+1	
Ice on runway	+2	+2	
Crosswind 90% of max POH	+2	+2	
Using flight following/radar advisories in high density traffic areas	-1	N/A	
On IFR flight plan during VFR conditions	-1	N/A	
<b>TOTAL</b>			
<b>GRAND TOTAL</b>			

Figura 11. Guia para análise do risco pessoal e do ambiente. FAA 2003.

	VFR Grand Total	VFR Action	IFR Grand Total	IFR Action
Minimal	Less than 6	Go	Less than 7	Go
Low	6 to 8	Consider alternate actions	7 to 10	Consider alternate actions
Medium	9 to 14	Consult experienced CFI	11 to 15	Consult experienced Instrument CFI
High	More than 14	Don't go	More than 15	Don't go

Figura 12. Guia para análise do risco pessoal e do ambiente. FAA 2003.

Este checklist apresenta pontuações para cada aspecto da operação, caso a informação da coluna se aplicar ao piloto, deve-se somar ou subtrair a pontuação descrita. Após toda análise a soma dos pontos será feita e analisada na tabela abaixo do checklist. Caso a pontuação seja menor que 6, indica-se Go (ir), entre 6 e 8 Consider Alternate Action (considere ações de alternativa), de 9 a 14 Consult Experienced CFI (consulte um instrutor experiente) e mais que 14 pontos Don't Go (não vá).

A proposta do uso conjunto das duas ferramentas apresentadas, uma para analisar o planejamento e mínimos operacionais e a outra o risco da operação.

Durante a utilização dos “5P’s” o I“M SAFE checklist auxilia na análise dos riscos relacionados ao Pilot, porém devem-se levar em conta aspectos de proficiência dos equipamentos e tipo de operação, presentes no *Checklist* Pessoal de Mínimos Operacionais da ANAC. O I“M SAFE checklist analisa fatores como (ESTADOS UNIDOS,2009):

- Illness (doenças) – existe alguma doença presente?
- Medication (medicações) – está consumindo algum remédio? Stress (estresse) – sente-se psicologicamente abalado?
- Alcohol (álcool) – consumiu nas últimas 12 horas?
- Fatigue (fadiga) – tem tido boas sessões de sono?
- Eating (refeições) – tem alimentando-se bem?

De acordo com as estatísticas do segmento privado e executivo, emitidas pela ANAC (2015), durante o pouso o índice de acidentes é maior. Para mitigar os riscos relacionados e aprimorar a identificação de aproximação perdida, serão apresentados requisitos emitidos pela TAM (2001) em sua revista técnica de segurança de voo. Tais requisitos estabelecem um padrão para uma aproximação estabilizada (TAM, 2001).

A aeronave deve estar estabilizada durante a aproximação final a 1000ft de altura em voos IFR (Instrument Flight Rules) e 500ft em VFR (Visual Flight Rules). Os elementos para uma aproximação estabilizada são:

- a aeronave deverá estar na trajetória correta do voo;
- apenas pequenas correções serão necessárias para manter essa trajetória;
- a velocidade da aeronave não será maior do que 20 nós + VREF (Velocidade de referencia), e não menor do que a VREF;
- a aeronave deverá estar na configuração correta para o pouso;
- a razão de descida não deverá ser maior que 1.000 pés por minuto; se uma aproximação requer uma razão de descida maior que 1.000 pés por minuto, um briefing especial deverá ser realizado;
- a potencia a ser utilizada deverá se adequada para configuração do pouso, e não menor do que a potencia mínima de aproximação expressa no manual da aeronave;
- todos os checklists e briefings deverão estar executados;
- tipos específicos de aproximações estarão estabilizados se também cumprirem o seguinte: aproximações por Sistema de Pouso por Instrumento (ILS - Instrument Landing System) devem ser conduzidas dentro de um “dot” do “glideslope” e “localizer”; uma aproximação ILS Categoria II ou Categoria III deve ser conduzido dentro da faixa expandida do “localizer”; durante uma aproximação para circular, as asas devem estar niveladas na final quando a aeronave alcançar 300 pés sobre a elevação do aeroporto; e,
- os procedimentos anormais das condições citadas acima deverão ser realizados briefings especiais.

Devido a grande quantidade de acidentes devido à falha no motor a AOPA (Aircraft Owners and Pilots Association) instruí pontos chaves durante uma pane. Deve-se ter uma estratégia prévia em caso de parada do motor, para que o piloto consiga pousar com segurança, em qualquer altitude e em qualquer situação. (AOPA, 2017).

Para o monitoramento da situação do motor a AOPA (2017) utilizou-se do acrônimo GAS, pressupondo que não há nada de errado com o motor, se for fornecido combustível, ar e faísca o motor deverá funcionar. Auxilia na análise do Plane juntamente da ferramenta “5P’s”:

- *Gas* (combustível)
- *Air* (ar)
- *Spark* (faísca)

De acordo com a AOPA é importante estar preparado e seguir pontos chaves para realizar um pouso de emergência segurança:

- faça briefings todo voo
- use os checklists
- pratique panes
- memorize os passos
- não entre em pânico
- voe a aeronave
- atitude de planeio
- pouso controladamente

Em caso de parada no motor a baixa altura após a decolagem a associação instruí a pousar em frente ou com curvas de no máximo 30°, avaliando previamente a altura mínima para retorno ao aeródromo, se caso ocorrer antes da V1 (velocidade de decisão) abortar a decolagem (AOPA, 2017).

## 6 CONTRIBUIÇÕES DO SRM E DAS PADRONIZAÇÕES PARA A SEGURANÇA DO SEGMENTO PRIVADO

A premissa básica da abordagem sistêmica é que os seres humanos são falíveis e os erros esperados, mesmo nas melhores organizações e com as melhores pessoas. Quando ocorre um evento adverso, a questão importante não é quem errou, mas como e por que as defesas do sistema falharam (REASON, 2000). Reason (2000) considera o erro humano consequência e não a causa do acidente, sendo o ponto inicial da investigação a fim de aprofundar-se na causalidade do evento que majoritariamente se encontra associado a uma condição pré-existente (REASON, 2000).

Como visto nas estatísticas dos acidentes do segmento privado, o fator humano e erros associados à operação estão muito presentes. De acordo com o MCA 63-15 do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) (2012) existem 3 estratégias básicas para o controle do erro humano:

**Redução do erro-** intervém na fonte, diminuindo a probabilidade do erro ocorrer, a partir de treinamento, CRM, instrução e projetos centrados no homem. Captura do erro- intervém logo que foi cometido, evitando consequências adversas, com os checklists, ficha de tarefas, lista de verificações padrão entre outros.

**Tolerância ao erro-** intervém de maneira a aumentar a habilidades do sistema de aceitar os erros, assim como sistemas redundantes e vistorias sistemáticas. (DECEA, 2012)

O SRM é um treinamento e instrução específico para operação single-pilot com a ideia de ser aplicada na aviação geral, encontrando-se dentro da estratégia de redução do erro humano e também da barreira de treinamento de Reason (2000), vista no capítulo 2.

O estudo apresentou checklists e padrões que se encontram na estratégia de captura do erro e se mostram eficientes de acordo com a ANAC e FAA, seu uso em procedimentos de identificação e gerenciamento do risco atualmente não é utilizado no segmento privado e executivo no Brasil.

As padronizações apresentadas no estudo são estratégias de captura do erro e de acordo com James Reason (2000) e Hollnagel (1998) barreiras contra acidentes, incluindo as listas de verificações e padrões a serem seguidos. A partir dos dados descritos as ferramentas apresentam potencial para mitigar os erros cometidos durante as operações.

Dentro da análise de contribuição para a segurança do segmento privado e executivo, será realizada a comparação das causas e fatores contribuintes dos acidentes com as propostas apresentadas, analisando possíveis melhoras para o setor. A comparação irá usar de base à ideia central de cada ferramenta.

De acordo com o CENIPA (2016) e o DECEA (2011) as definições dos principais fatores contribuintes dos acidentes da aviação privada são:

**Julgamento de pilotagem:** Inadequada avaliação, por parte do piloto, de determinados aspectos relacionados à operação da aeronave, estando qualificado para operá-la (DECEA, 2011). O SRM é um treinamento para pilotos a partir de ferramentas que auxiliam na coleta de informações pertinentes a operação, com o objetivo de melhorar a avaliação das diversas situações encontrada. Gerenciando o risco e aumentando a consciência situacional.

**Planejamento de voo:** Inadequação nos trabalhos de preparação realizados pelo piloto para o voo ou parte dele. Incluem-se neste aspecto: o desconhecimento das condições operacionais da rota, das características físicas dos aeródromos, da infraestrutura de navegação aérea e/ou modificações, temporárias ou não, divulgadas por NOTAM, que afetem a segurança operacional do tráfego aéreo relativa ao voo realizado (DECEA, 2011). O *checklist* pessoal da ANAC foi criado para auxiliar o piloto na preparação e no planejamento do voo (ANAC, 2016), o checklist da FAA no gerenciamento do risco da operação durante a fase do planejamento e as ferramentas do SRM contribuí para o monitoramento das situações encontradas (ESTADOS UNIDOS, 2015 e 2003).

**Supervisão gerencial:** Supervisão inadequada, pela gerência (não tripulantes) da organização, das atividades de planejamento e/ou de execução nos âmbitos administrativo, técnico e/ou operacional (DECEA, 2011). Como visto anteriormente as decisões gerenciais e cultura de segurança de voo do segmento privado depende apenas do proprietário ou piloto. A partir da melhora do treinamento da segurança operacional, inclui-se segurança na cultura organizacional e as decisões gerenciais. As padronizações impõem limites operacionais, nos quais restringem atividades inseguras por parte do proprietário e piloto.

**Indisciplina de voo:** Desobediência intencional pelo piloto das regras de tráfego aéreo, normas operacionais ou regulamentos, sem que haja justificativa para tal. De acordo com o CENIPA a melhoria no treinamento e informações pertinentes à segurança de voo, aprimora a cultura de segurança, minimizando fatores de indisciplina.

**Aplicação de comandos:** Inadequação no uso dos comandos de voo da aeronave por parte do piloto.

Para que o piloto possa realizar manobras adequadas e utilize os comandos da mesma maneira, ele precisa estar alerta a todos os aspectos influentes no voo para tomar as decisões corretas. A ideia central do treinamento de SRM é de melhorar o monitoramento e o processo decisório em operações single-pilot.

O estudo apresenta que os objetivos do treinamento e das ferramentas auxiliam o piloto na redução do risco associado à operação single-pilot no segmento privado, em vista das principais causas de acidentes do setor:

**Falha de motor em voo:** o monitoramento da aeronave, do treinamento de SRM aprimora a identificação dos perigos associados a esse fator. O padrão para comportamento em caso de pane no motor sugerido pela AOPA auxilia o piloto nas atitudes perante esta situação, o objetivo do acrônimo GAS é melhorar a identificação dos perigos relacionados ao funcionamento

do motor. Segundo James (2012) os fatores contribuintes presentes são manutenção e o preflight, no qual o monitoramento e planejamento antes do voo sugerido pela ANAC no checklist pessoal e nas ferramentas do treinamento do SRM podem influenciar no fator preflight.

**Perda de controle em voo:** Segundo James (2012) esta causa esta associada a fatores de distrações, controle velocidade da aeronave, meteorologia, consciência situacional e experiência. As ferramentas apresentadas no estudo sugerem uma melhora em todos os fatores atribuídos a esta causa de acidente, como é o caso do treinamento de SRM com bases para aprimorar a consciência situacional e monitoramento dos aspectos do voo, que influenciam no controle da velocidade e planejamento do voo, mitigando os riscos relacionados à meteorologia e outros fatores.

**CFIT:** uma das bases do treinamento do SRM é evitar a colisão com o terreno em voo controlado, pelo fato do uso de ferramentas de monitoramento e gerenciamento contínuo. A utilização do checklist pessoal da ANAC também auxilia o piloto a mitigar este risco associado ao terreno.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na atualidade, a aviação privada possui a maior frota de aeronaves do país e é significativa para a aviação brasileira, por sua grande quantidade de aeronaves em operação e pessoas envolvidas. Com isso, a atenção para este setor é de grande importância, em razão da diversidade de operações, fragilidades e pessoas envolvidas.

A necessidade da melhora na segurança das operações privadas se mostrou relevante por possuir um alto índice de acidentes no país, devido a grande contribuição do fator humano nas ocorrências e ao fato do setor apresentar deficiências nas atividades requerentes para evitar e mitigar acidentes. O mapeamento dos perigos que envolvem o setor, assim como o risco das operações foi o primeiro passo para que se possam minimizar as consequências decorrentes das fragilidades encontradas.

A aviação privada e executiva possui uma grande diversidade de aeronaves e peculiaridades em suas operações. Foi identificado pelo banco de dados do CENIPA que as aeronaves mais envolvidas nos acidentes do setor operam com apenas um piloto. A análise com os Relatórios Finais disponibilizados mostrou que 92% dos acidentes envolviam operações single-pilot.

Por meio de revisões bibliográficas foram analisadas as causas mais comuns dos acidentes do segmento, os fatores que contribuíram e a fase de voo em que ocorrem. Esses dados foram utilizados na busca de treinamentos e ferramentas específicas para mitigar cada fator encontrado. Durante o estudo não foi encontrado propostas e treinamentos específicos para operações single-pilot como forma de melhorar a segurança operacional no Brasil. Os Estados Unidos apresentam certa preocupação com o índice de acidentes na aviação geral, com isso incentivam o uso de treinamentos e diversas ferramentas que podem ser aplicadas nas operações específicas da aviação geral, como é o caso do SRM.

A utilização do treinamento de SRM propõe aprimorar o monitoramento dos pilotos que operam no setor, para evitar as situações e ameaças que são encontrados durante os voos. De acordo com o estudo realizado, a implementação do novo treinamento e a utilização das padronizações apresentadas, se mostram eficazes para cada fator influente nos acidentes mais comuns do segmento, podendo assim ser um passo para uma aviação mais segura.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Checklist Pessoal de Mínimos Operacionais**. 2016. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/assuntos/paginastematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/chlstpessoal\\_versao\\_anac\\_v2\\_celular.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/paginastematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/chlstpessoal_versao_anac_v2_celular.pdf)>. Acesso em : 13 jan. 2017
- AIRCRAFT OWNERS AND PILOTS ASSOCIATION (AOPA). **Falha do Motor em Voo: do Problema ao Pouso**. Air Safety Institute, 2017. Disponível em: <<https://www.aopabrasil.org.br/2017/05/11/video-asiapabgast-falha-de-motor-em-voo-doproblema-ao-pouso/>>. Acesso em: 9 jul. 2017.
- ALMEIDA, C. A.; et al. **Ocorrências Aeronáuticas: Panorama Estatístico da Aviação Brasileira - Aviação Civil 2006-2015**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AVIAÇÃO GERAL (ABAG). **5º Anuário Brasileiro de Aviação Geral**, 2015. Disponível em: <[http://www.abag.org.br/anuario\\_aviacao/documents/Anuario\\_Brasileiro\\_Aviacao\\_Geral\\_2015.pdf](http://www.abag.org.br/anuario_aviacao/documents/Anuario_Brasileiro_Aviacao_Geral_2015.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- BACAGINI, D. J. et al. **Proposta de Criação do Modelo “AASRM – Agricultural Aviation Single Pilot Resources Management”**: Adaptação do Conceito SRM ao Cenário da Aviação Agrícola Brasileira. 2011. 15 f. Tese de Conclusão de curso (Segurança da aviação e aeronavegabilidade continuada) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012. Disponível em: < [http://ssv.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2012/Artigos/SSV\\_2012\\_S4A2 - Proposta de Criação do Modelo AASRM.pdf](http://ssv.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2012/Artigos/SSV_2012_S4A2_-_Proposta_de_Criação_do_Modelo_AASRM.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2017.
- BIRD, F. E. J.; GERMAIN, G. L. **Practical Loss Control Leadership**. Loganville: Institute Publishing, 1986.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB)** 2016. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/aeronaves>>. Acesso em: 10 jul. de 2017.
- BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA) 91: Regras Gerais para Operadores da Aviação Civil**. Brasília, 2003. Disponível em:

- <[http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-erbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo\\_norma/rbha091.pdf](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-erbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo_norma/rbha091.pdf)>. Acesso em: 5 de jun. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 3-6**: Manual de Investigação do SIPAER. Brasília, 2011, 168p.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 63-15**: Manual de Fatores Humanos no Gerenciamento da Segurança Operacional. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3838>>. Acesso em: 06 jan. 2017.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **FAA-H-8083-2**: Risk Management Handbook, 2009. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/media/faa-h-8083-2.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/faa-h-8083-2.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Personal and Weather Risk Assessment Guide**. Industry Training Standards, 2003. Disponível em: <[https://www.faa.gov/training\\_testing/training/fits/guidance/media/Pers%20Wx%20Risk%20Assessment%20Guide-V1.0.pdf](https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/guidance/media/Pers%20Wx%20Risk%20Assessment%20Guide-V1.0.pdf)>. Acesso em: 8 dez. 2016.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Single-Pilot Crew Resource Management**. Aviation Safety, 2015. Disponível em: <[https://www.faa.gov/news/safety\\_briefing/2015/media/SE\\_Topic\\_15\\_03.pdf](https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2015/media/SE_Topic_15_03.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2016.
- HOLLNAGEL, E. **Accident analysis and barrier functions**. Halden, Norway: Institute for Energy Technology, 1999. Disponível em: <<http://www.hhs.iup.edu/CJANICAK/SAFE541CJ/Barrier%20Analysis%20Paper.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2017.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Annex 19**: Safety Management. Montreal, 2013. ISBN 978-92-9249-232-8.
- JAMES, T. **Top Ten Causes of General Aviation Accidents**. FAA (Federal Aviation Administration), 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Zr6iLRIN234>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.
- QUEIROZ, J. R. P. B. et al. **Relatório Anual de Segurança Operacional – Aviação civil 2015**. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/@@search?Subject%3Alist=RAS O](http://www.anac.gov.br/@@search?Subject%3Alist=RAS%20O)>. Acesso em: 22 fev. 2017.
- REASON, J.T. **Human Error: Models and Management**. West J Med. 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1070929/>>. Acesso em: 08 fev. 2017.
- TAM. Acidentes em Aproximação e Pouso. **Revista Técnica de Segurança de Voo**, 2001. Disponível em: <<http://www.tamflightsafety.com.br/sfs/img/rcd/revista/tamsafety6.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2017.

---

# A Questão da Segurança de Voo Durante a Sondagem Meteorológica: Um Estudo de Caso na Terminal Curitiba

Marcio Gonçalves Ramos<sup>1</sup>, Silvio Araujo da Silva Oliveira<sup>2</sup>, Cleber Machado de Souza<sup>3</sup>

1 Suboficial Especialista em Comunicações da ativa. Atua como Encarregado da Seção de Tecnologia da Informação do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Curitiba. Possui Ensino Técnico em Comunicações pela Escola de Especialistas de Aeronáutica. É desenvolvedor de circuitos eletrônicos digitais com microcontroladores e aplicações técnicas e operacionais na plataforma computacional x86 integradas a sistemas eletrônicos externos.

2 Terceiro-Sargento Especialista em Eletrônica da ativa. Atua como Encarregado da Sala Técnica do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Curitiba. Possui graduação em Gestão de Tecnologia da Informação pela UNISUL, Especialização em Governança de TI pela UNISSELVI e Especialização em Planejamento, Implementação e Gestão de Ensino a Distância pela UFF.

3 Suboficial Especialista em Meteorologia da reserva remunerada. Atuava como Encarregado da Seção de Meteorologia do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Curitiba. Possui Ensino Técnico em Meteorologia e realizava sondagens meteorológicas do ar.

---

**RESUMO:** Esse artigo busca investigar qual seria a relação existente entre o trajeto percorrido pelas sondas meteorológicas e o trajeto percorrido pelas aeronaves no espaço da terminal Curitiba. Trata-se de uma provável situação-problema que ocorre na relação entre tráfego aéreo e a meteorologia e que pode afetar diretamente a segurança de voo do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro [SISCEAB]. O artigo se apresenta como uma pesquisa quantitativa com a metodologia de estudo de caso descritivo. Conforme dados obtidos pelo sistema SAGITARIO e pela DIGICORA, foi possível perceber que as aeronaves e as sondas meteorológicas compartilham o mesmo espaço na aerovia. Em seu pior caso, existiu a distância de apenas 75 metros entre a aeronave e a sonda meteorológica no espaço aéreo. Foi concluído que: existe um intenso tráfego no aeroporto Afonso Pena e nas aerovias que cortam a terminal e a FIR Curitiba; a sonda meteorológica apresentou no mês de referência uma predominância de direção para “Leste” (90 graus) que coincide com o intenso tráfego na mesma região; a sonda meteorológica representa condição de perigo durante a sua ascensão e também no momento de descida após o seu lançamento. Como solução, sugere-se a implementação da visualização da trajetória executada pelo conjunto de voo no sistema SAGITARIO. Essa simples visualização no ambiente do controle [ACC-CW e APP-CW] poderia ser responsável por evitar uma condição de perigo através de uma colisão inesperada, pois a rota executada pelo conjunto de voo é incerta e incontrolável, e a aeronave poderá ser alertada da presença ou até mesmo desviada. Assim, o risco na segurança do voo pode ser reduzido.

**Palavras Chave:** Sonda Meteorológica. Cruzamento em Rota. Segurança de Voo. Tráfego Aéreo.

## The Issue of Safety During Meteorological Survey: A Case Study in the Curitiba Terminal

**ABSTRACT:** This article aims to investigate the relationship between the distance travelled by the weather probes and the route travelled by the aircraft in the space of the Curitiba terminal. This is a probable problem situation that occurs in the relationship between air traffic and meteorology and that can directly affect the flight safety of the Brazilian Airspace Control System [SISCEAB]. The article presents a quantitative research with the methodology of descriptive case study. According to data obtained by SAGITARIO and DIGICORA, it was possible to notice that aircraft and meteorological probes share the same space on the airway. In its worst case, there was a distance of only 75 meters between the aircraft and the meteorological probe in the airspace. It was concluded that: there is an intense traffic in Afonso Pena airport and in the airways that cut the terminal and FIR Curitiba; the meteorological probe presented in the reference month a predominance of direction to "East" (90 degrees) that coincides with the intense traffic in the same region; the meteorological probe represents a condition of danger during its ascent and also in the moment of descent after its launch. As a solution, it is suggested to implement the visualization of the trajectory executed by the flight set in the SAGITARIO system. This simple visualization in the control environment [ACC-CW and APP-CW] could be responsible for avoiding a dangerous condition of an unexpected collision, since the route performed by the flight set is uncertain and uncontrollable, and the aircraft can be alerted of presence or even diverted. Thus, the risk of flight safety can be reduced.

**Key words:** Meteorological Probe. Route Crossing. Flight Safety. Air Traffic.

**Citação:** Levy, T. (2017) Proposta de Aplicação do SRM (Single-pilot Resource Management) e Padronização do Segmento Privado da Aviação no Brasil. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 121-132.

### 1 INTRODUÇÃO

A segurança de voo tem sido motivo de grande preocupação nos últimos anos pela indústria aeronáutica. Porém, quando esse importante quesito não é efetivo podemos ter a sua maior e pior consequência: o acidente aeronáutico. Apesar de

extremamente segura, o segmento da aviação exige que os profissionais nele envolvidos continuem trabalhando em busca do índice zero em relação aos acidentes aeronáuticos (MENDONÇA e MASO, 2010).

Mesmo sendo raros, tais eventos podem comprometer a prosperidade e a segurança de um país. Algumas das consequências dessas tragédias são: fatalidades; bilhões de dólares em prejuízos materiais; desemprego e, até mesmo, problemas psicológicos nos controladores de tráfego aéreo (HEINRICH e GRANNISS, 1959; SILVA e BORGES, 2010).

Entretanto, o risco decorrente de acidentes na atividade aérea não é uma questão restrita à saúde do trabalhador. Apesar das inovações tecnológicas na aviação, o risco de acidente é frequente e envolve um número cada vez maior de pessoas (ITANI, 1996).

Quando um acidente acontece com alguma aeronave em voo, todas as atitudes preventivas que foram produzidas anteriormente acabam sendo perdidas.

Nesse contexto, desde 1941 quando foi criada a Diretoria de Rotas Aéreas (instituição que deu origem ao que hoje é o DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo) o Comando da Aeronáutica (COMAER) trabalha arduamente no sentido de melhorar continuamente áreas como: a meteorologia; as cartas aeronáuticas; as telecomunicações; o tráfego aéreo; a busca e salvamento, os serviços de informação, entre outras (AEROTD, 2016).

Esse artigo busca investigar uma provável situação-problema que ocorre na relação do tráfego aéreo e a meteorologia e que pode afetar diretamente a segurança de voo do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB): a questão do percurso não-controlado de balões meteorológicos nas aerovias.

Para isso, busca-se responder ao seguinte questionamento: “Qual é relação existente entre o trajeto percorrido pelas sondas meteorológicas e o trajeto percorrido pelas aeronaves no espaço da Terminal Curitiba? ”.

## 2 A CULTURA DA SEGURANÇA DE VOO E SEU HISTÓRICO

A finalidade da segurança de voo é “assegurar o cumprimento da missão de uma organização através da manutenção da sua capacidade operacional” (AEROTD, 2016).

Segundo Mendonça e Maso (2010), a cultura de segurança de voo possui quatro subcomponentes:

- a) Cultura de Reporte – os profissionais reportam situações de risco sem receios de sofrerem quaisquer consequências por suas ações;
- b) Cultura Justa – os profissionais acreditam que é inaceitável punir erros e atos inseguros independentemente dos seus fatos causadores e circunstâncias, o que significa que a justiça será aplicada dentro dos limites aceitáveis;
- c) Cultura Flexível – organizações flexíveis possuem uma cultura capaz de se adaptarem efetivamente a mudanças, e;
- d) Cultura do Aprendizado – a vontade e a competência para receber as informações provenientes dos sistemas de segurança de voo e a motivação para implementar as mudanças quando necessário.

As primeiras tentativas de se estabelecer a segurança de voo ocorreram em 1986 por meio da lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, em seu artigo 25. Foi estabelecido que a infraestrutura aeronáutica era também destinada a promover a segurança, a regularidade e a eficiência da aviação civil (BRASIL, 1986).

Em 2005, a responsabilidade supracitada ficou a cargo da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), restando a infraestrutura aeronáutica à manutenção do sistema de controle do espaço aéreo e do sistema de investigação de acidentes (AEROTD, 2016).

Em 1º de janeiro de 2009, a Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) implantou efetivamente o Safety Management System (SMS), traduzido no Brasil como Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO), através de alterações nos anexos 6, 11 e 14 da convenção (AEROTD, 2016).

Ainda nesse sentido, com o SGSO, o conceito de segurança de voo ampliou-se para uma abordagem sistêmica e ampla, considerando todos os aspectos que envolvem a segurança na operação de uma aeronave e promovendo a melhoria contínua dos níveis de segurança.

Atualmente, o assunto está a cargo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica. O sistema de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos segue o anexo 13 da convenção, que dá as diretrizes para a atuação dos organismos que são encarregados das investigações de acidentes em cada país. O órgão responsável pela investigação de acidentes é o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) do Comando da Aeronáutica (AEROTD, 2016).

## 3 O AEROPORTO AFONSO PENA E SUAS AEROVIAS

O Aeroporto Afonso Pena está localizado em uma parte da área conhecida como Colônia Afonso Pena, que foi ali implantada no início do século XX, em homenagem ao sexto Presidente da República, Afonso Pena (1906 a 1909) (INFRAERO, 2016).

Devido à entrada do Brasil na II Guerra Mundial, o Ministério da Guerra, por meio dos órgãos responsáveis pela aviação efetuou, entre os anos de 1940 a 1942 um minucioso levantamento da área dessa colônia em função dos ventos dominantes. A

área foi desapropriada para a construção das pistas de pouso que se mantêm no mesmo traçado existente até hoje (INFRAERO, 2016).

A partir da Portaria n.º 120 GM-5, de 03 de dezembro de 1973, ficou definido que o Aeroporto Afonso Pena seria administrado pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero). Em 1977, foi concluída a ampliação do terminal de passageiros, quadruplicando sua capacidade de atendimento e proporcionando mais conforto aos usuários e empresas aéreas. Mesmo com todas as remodelações e com ampliações efetuadas, as obras não foram suficientes para atender a demanda crescente de passageiros e cargas.

Além do contexto histórico ligado ao aeroporto Afonso Pena de Curitiba, é importante a apresentação da região de informação de voo (FIR-CW) e da área terminal de Curitiba, pois essa área terminal será o local onde ocorrerá o objeto de estudo desse artigo.

Segundo o AIP Brasil (2016), a Região de Informação de Voo de Curitiba é bastante ampla e possui 12 setores. Ela é a segunda mais movimentada do Brasil e abrange parte da região centro-sul e toda a região Sul do país cobrindo os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, parte do Mato Grosso do Sul, parte do Mato Grosso, parte do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, faz limite com o Uruguai ao Sul de Porto Alegre e com a Argentina a oeste da Região Sul.

Dentro da FIR-CW temos a Área de Controle Terminal de Curitiba (TMA-WT; SBWT) que é uma área com centro em 25 31.92S / 049 10.09W, com raio de 40 milhas náuticas, tendo como limites verticais estabelecidos de 5500 pés ao FL 145, inclusive (AIC, 2011).

Na Figura 1, pode-se observar parte de uma carta de área (ARC) mostrando a área terminal (TMA) de Curitiba em que observamos diversas aerovias.

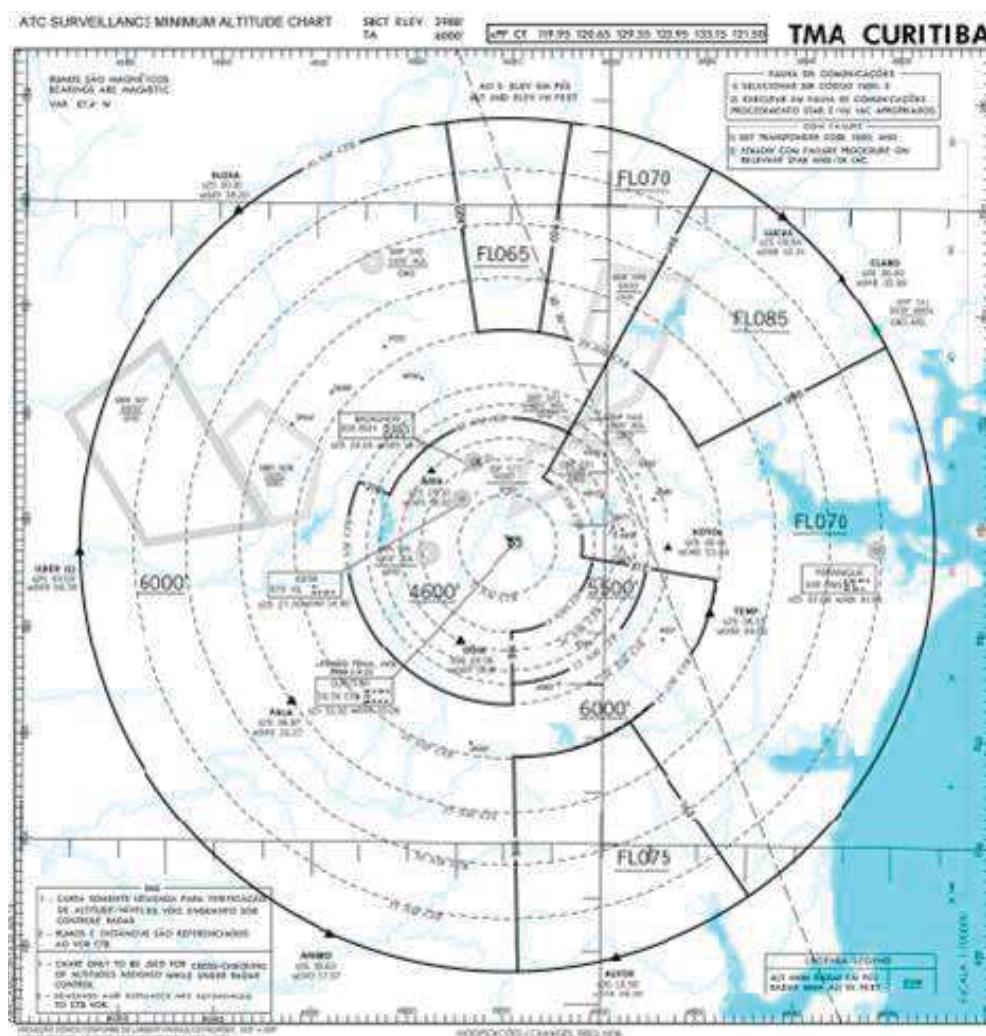


Figura 1 - Área Terminal de Curitiba e suas Aerovias. Fonte: (AIS WEB, 2017).

#### 4 A METEOROLOGIA

A Estação Meteorológica de Altitude (EMA)



Segundo o Manual de Estações Meteorológicas de Altitude (MCA 105-9), a EMA destina-se a coletar e tratar os dados meteorológicos, especialmente de temperatura, umidade e pressão, e para isso, utiliza uma sonda que é levada pela atmosfera por um balão meteorológico (MCA 105-9, 2015).

Ainda nessa perspectiva, o processo de coleta e de tratamento dos dados, realizado por uma EMA, chama-se radio sondagem. Essa ação operacional é a principal fonte de obtenção de dados do ar superior para o emprego em pesquisa, base de dados para a previsão numérica do tempo e em serviços operacionais, tais como a previsão de vento e de temperatura nos níveis de voo, turbulência, formação de gelo em aeronaves, cálculo da probabilidade de trovoadas, formação de nuvens, trilhas de condensação e, mais recentemente, nas avaliações do movimento e da dispersão de nuvens de cinzas vulcânicas e de nuvens radioativas. A aviação utiliza diretamente as informações de vento em rota no planejamento do voo.

A estação meteorológica de altitude de Curitiba (EMA-CT) está localizada próxima às instalações do aeródromo de Curitiba, dentro de um raio que não excede 8 km da estação meteorológica de superfície (EMS-CT), e também próximo das instalações principais do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Curitiba (DTCEA-CT).

Para o cumprimento das atribuições operacionais, deve existir uma seção operacional instalada em um prédio exclusivo, padronizado e que contemple as particularidades dos serviços inerentes às atividades de sondagem do ar superior. As atribuições operacionais previstas para a EMA exigem uma infraestrutura que dê suporte às atividades de coleta e processamento de valores de variáveis meteorológicas da atmosfera, de confecção e divulgação de informes meteorológicos com dados em altitude e de arquivamento dos dados de observação meteorológica do ar superior. O Sistema Eletrônico de Observação Meteorológica do Ar Superior tem por finalidade coletar os dados de pressão, temperatura, umidade e vento nos níveis superiores da atmosfera, por meio de sondagem (MCA 105-9, 2015).

#### 4.1 A Sondagem

A sondagem é realizada atualmente com uma sonda (RS-92) fornecida pela empresa VAISSALA®. Essa sonda, junto com a sua bateria, pesa aproximadamente 200 gramas. Para levar essa sonda através da atmosfera é necessário o uso de um balão meteorológico. Os balões utilizados na sondagem devem: ser fabricados de borracha natural ou sintética; ter forma homogênea e espessura uniforme; ser providos de gola de 1 a 5 cm de diâmetro e comprimento de 10 a 20 cm e tamanho, assim como qualidade que assegurem o transporte da sonda, que pesa de 1 a 2 kg, até altitudes da ordem de 30 km (MCA 105-9, 2015).

Os balões devem ser capazes de se expandir em, pelo menos, 4 vezes o seu diâmetro inicial e de manter esta exposição por, no mínimo, 1 (uma) hora. Um balão ideal pode atingir até 6 vezes o seu diâmetro inicial. Quando cheio, o balão deve apresentar uma forma esférica ou, pelo menos, circular, quando em corte horizontal. Além dos dois componentes iniciais (balão meteorológico e a sonda), um paraquedas é adicionado para compor o último elemento do trem-de-voo. Na Figura 2, é possível observar o conjunto de voo preparado momentos antes do lançamento. O balão meteorológico é inflado com o gás hidrogênio.



**Figura 2** - Conjunto de Voo (Balão Meteorológico + Sonda). Fonte: Os autores (2017).

Para cumprir a sua função, o Serviço de Meteorologia Aeronáutica do SISCEAB adota os horários das 0000 e 1200 UTC para realização das sondagens diárias, conforme consta na MCA 105-9, de 9 de dezembro de 2015 (MCA 105-9, 2015).

## 5 METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo desse artigo se baseia na área de responsabilidade do controle de tráfego aéreo realizado no Brasil no âmbito do SISCEAB. De acordo com Souza (2008), o SISCEAB é um sistema de abrangência nacional que tem como objetivo proporcionar condições seguras e eficientes para a circulação no espaço aéreo sob a responsabilidade do Brasil.

### 5.1 Procedimentos Metodológicos

Esse artigo foi baseado em uma pesquisa quantitativa, na forma de um estudo de caso descritivo. Segundo Gil (1999), a pesquisa quantitativa considera tudo que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números, opiniões e informações para classificá-los e analisá-los. Essa pesquisa requer o uso de técnicas estatísticas e de recursos como porcentagem, média, moda, mediana, desvio padrão, coeficiente de correlação, entre outros.

Rauen (2002) também afirma que o estudo de caso é um estudo profundo de um ou de poucos objetos, que busca retratar a realidade de forma completa e profunda, de modo a permitir o seu detalhado conhecimento.

Os instrumentos de coleta de dados estão dispostos na Tabela 1, a seguir:

Instrumento de Coleta de Dados	Universo Pesquisado	Finalidade do Instrumento
Documentos	Dados Relativos aos Parâmetros de Radiossondagem	Analisar a predominância de direção da radiossondagem
Dados Arquivados	Levantamento de pousos e decolagens	Analisar a movimentação de aeronaves no aeroporto
	Coleta de informações sobre o trânsito de aeronaves na terminal Curitiba	Investigar se a sonda meteorológica está indo para uma área com movimentação de aeronaves durante a radiossondagem

**Tabela 1** - Instrumentos de Coleta de Dados. Fonte: Os Autores (2017).

## 6 RESULTADOS

Todos os dados coletados foram referentes ao mês de Dezembro de 2015. A escolha desse mês foi um consenso entre os autores, pois este mês apresenta relativo movimento devido principalmente aos períodos de férias dos usuários do transporte aéreo.

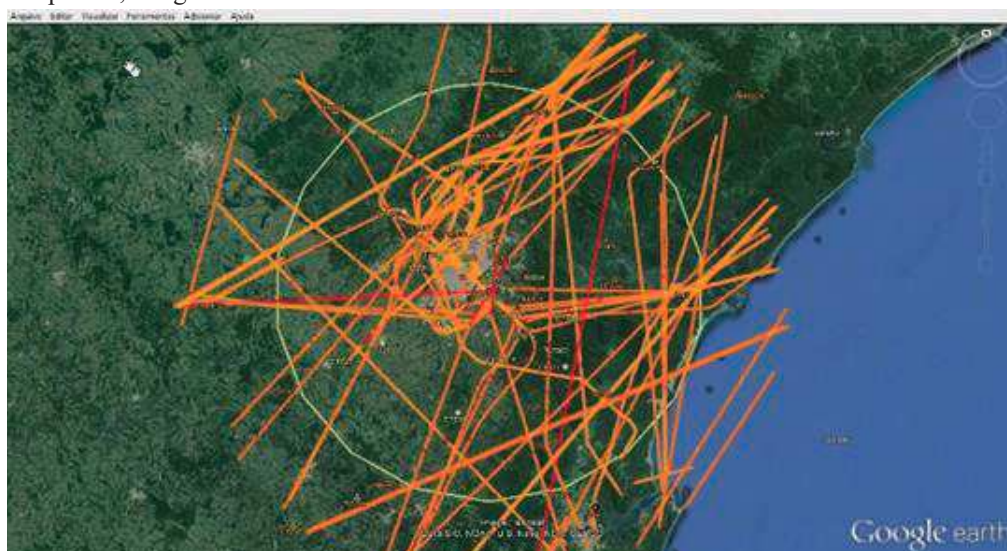
O levantamento dos pousos e decolagens do Aeródromo de Curitiba (SBCT) e dos dados referentes à movimentação de aeronaves na região da terminal de Curitiba (SBWT) foram obtidos da base de dados do software Tatic® (SAIPHER ATC) e do Sistema Avançado de Gerenciamento de Informações de Tráfego Aéreo e Relatório de Interesse Operacional (SAGITARIO® - ATECH-Embraer) respectivamente.

Os dados relativos à prevalência da direção das sondagens foram levantadas diretamente no software da DigiCORAI (Vaissala®).

Por meio da posição planejamento do sistema SAGITARIO®, localizada no setor de base de dados/planejamento/estatística APP-CT), foram obtidos os números de 3.024 decolagens, sendo 1.570 na pista 33 (RWY33) e 1.454 na pista 15 (RWY15). O número de pousos foram de 3.104, sendo 1.513 pousos na pista 33 (RWY33) e 1.591 na pista 15 (RWY15). Esse levantamento foi determinante para determinar a quantidade de aeronaves que efetuaram decolagens e pousos no aeródromo de Curitiba (SBCT). Assim, pode-se visualizar a real noção da quantidade de aeronaves que se movimentam no espaço aéreo de Curitiba.

A coleta dos dados no software SAGITARIO também foi importante para determinar a quantidade de aeronaves presentes durante o período de uma sondagem atmosférica. Além disso, esse levantamento ajudará a entender os locais de maior movimentação de aeronaves dentro da terminal Curitiba (SBWT). Para filtrar as informações foram considerados os dados relativos apenas nos horários compreendidos entre 09h30 a 11h30 (HBV - horário brasileiro de verão) para cobrir o período da sondagem diurna e 21h30 as 23h30 HBV para cobrir o período da sondagem noturna.

Para ilustrar a movimentação de aeronaves no referido período, a Figura 3 mostra todo o movimento de aeronaves ocorrido na janela de tempo estipulada, a seguir.



**Figura 3** - Movimentação de Aeronaves no Período Estipulado da Sondagem

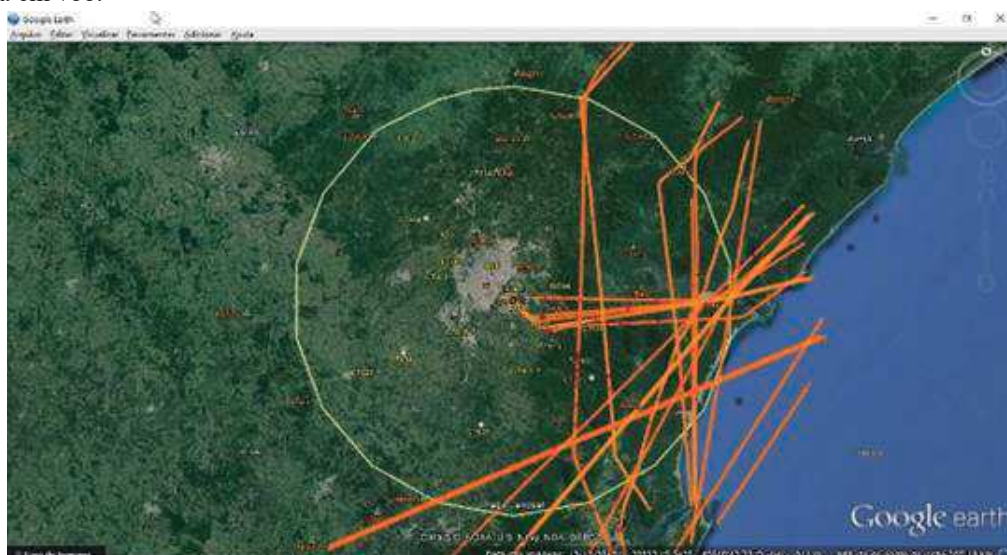
Fonte: Os Autores (2017).

Utilizando o software da DigiCORAI foram coletados diversos dados que podem ser observados na Tabela 2. Os diversos dados, após serem tabulados no programa Excel, foram analisados estatisticamente utilizando parâmetros estatísticos tais como médias, medianas, máximo e mínimo (GIL, 1999). Os resultados foram importantes, pois ajudaram a determinar uma direção predominante da sondagem no referido mês.

Variáveis Coletadas	Sondagem Diurna	Sondagem Noturna	Sondagem Diurna/Noturna
Média de altura do balão (m)	24249	23371	23688
Altura máxima (m)	26467	25992	26467
Altura mínima (m)	18705	20781	18705
Média da distância da estação ao balão (km)	27,0	24,6	16,8
Distância máxima do balão à estação (km)	54,5	56,8	71,0
Distância mínima do balão à estação (km)	2,3	2,4	2,3
Direção mediana do rompimento do balão em relação à estação (graus)	96	91	71
Direção média do rompimento em relação à estação (graus)	122	93	112

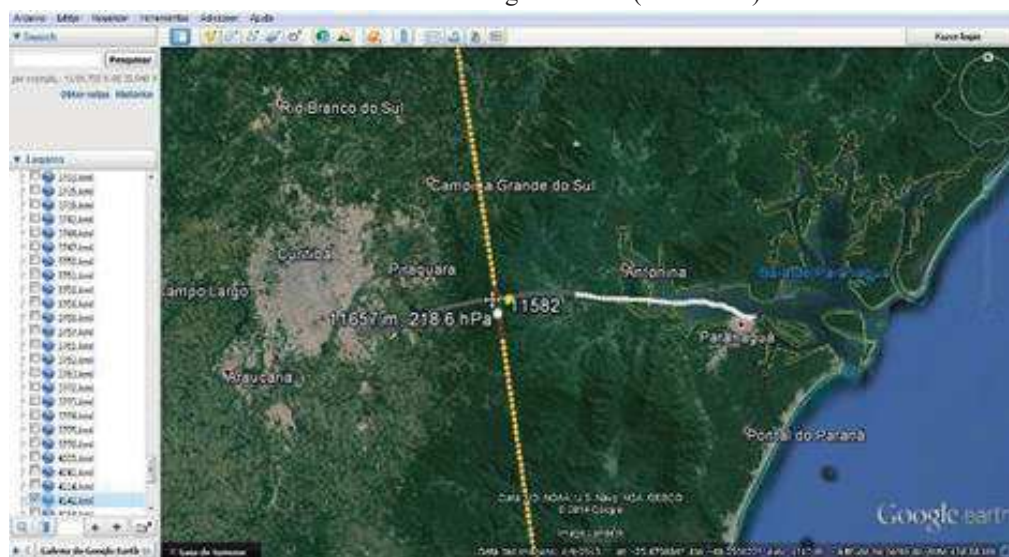
**Tabela 2** - Média dos Dados Coletados durante a Sondagem. Fonte: Os Autores (2017).

Nesse contexto, a Figura 4 é resultado da filtragem executada após ser confirmado que a área leste (90 graus) concentrava a maior parte do trajeto das sondas meteorológicas. Na questão da visualização do tráfego na região da terminal de Curitiba, apenas utilizando como exemplo o dia primeiro de dezembro de 2015, no intervalo proposto, tivemos 26 tráfegos que poderiam cruzar com a sonda em voo.



**Figura 4** - Resultado da Filtragem Executada. Fonte: Os Autores (2017).

A Figura 5 visa alcançar o objetivo desse artigo. A imagem foi gerada no software Google Earth® e mostra que existe o cruzamento da trajetória de uma aeronave com a trajetória do conjunto de voo. Os dados obtidos por meio do sistema SAGITARIO® e foram relacionados com os dados do sistema DigiCORAI (Vaissala®).



**Figura 5** - Cruzamento de Aeronave com o Conjunto de Voo. Fonte: Os Autores (2017).

Nessa figura, pode-se observar claramente que a aeronave (trajetória com linha amarela pontilhada) está com parâmetro de altitude de 11.582 metros enquanto que o conjunto de voo (trajetória com linha branca contínua) cruza, a 11.657 metros, a trajetória realizada pela aeronave e existe uma diferença de apenas 75 metros de separação mínima vertical entre as trajetórias dos dois elementos citados no espaço aéreo. Não foi calculada a distância de separação horizontal entre os dois elementos, mas é possível ver na Figura 5 que os dois elementos (ponto branco e ponto amarelo) estiveram muito próximos na dimensão horizontal. O instante em que ocorreu o cruzamento das trajetórias poderia, talvez, representar uma colisão entre os dois objetos e pudesse gerar, no mínimo, um incidente aeronáutico.

É importante ressaltar que o conjunto de voo pode tomar outras direções diferentes da direção predominante. Essa constatação de que o balão não tem uma direção definida corrobora com o fato de que no seu trajeto ele poderá estar cruzando, de forma perigosa, com as rotas de aeronaves em voo.

Cabe salientar também que está sendo considerado o conjunto de voo realizando uma trajetória apenas durante o seu momento de ascensão. Portanto, não deve ser esquecido que após o momento do rompimento, o conjunto “paraquedas-sonda” percorre uma segunda trajetória, agora descendente e com muito pouca variação de deslocamento. Esse fato é importantíssimo e deveria ser levado em consideração quando consideramos a segurança de voo. O conjunto “paraquedas-sonda”, ao percorrer essa segunda trajetória, teria condições de cruzar perigosamente com alguma aeronave.

As aeronaves que circulam no espaço aéreo brasileiro estão constantemente sujeitas às condições meteorológicas que causam impacto na economia, eficiência e segurança das operações. Pensando apenas no papel central da aviação, um voo envolve aspectos básicos tais como o planejamento, a decolagem, o voo em rota e o pouso. Porém, outros fatores podem estar inter-relacionados direta e indiretamente com esse momento fim da aviação.

A meteorologia ocupa um lugar de destaque dentre os muitos quesitos relacionados com a segurança de voo, pois as condições meteorológicas influenciam em todas as etapas do um voo. A aviação está repleta de exemplos, muitas vezes catastróficos, que envolvem o binômio aviação versus meteorologia.

No Comando da Aeronáutica a meteorologia atua em vários momentos. Tem-se a observação da atmosfera em que temos a produção da principal mensagem usada pela aviação, que é o Informe Meteorológico Horário (METAR) e o Informe Meteorológico Especial (SPECI). Têm-se centros de previsão como o centro meteorológico de aeródromo (CMA), centro meteorológico militar (CMM), centro meteorológico de vigilância (CMV), entre outros, que atuam produzindo diversas informações importantes tais como SIGMET, GAMET, TAF. Além disso, existe a atuação de profissionais nas Estações Meteorológicas de Altitude (EMA) que realizam a sondagem da atmosfera e geram a principal mensagem TEMP/PILOT.

Em relação à segurança de voo, o processo da sondagem atmosférica sempre foi negligenciado, pois não se tem descrito nas normas e nem institucionalizado procedimentos de segurança que envolvam esse procedimento. Assim, estabelecendo-se a hipótese de que poderia haver cruzamentos perigosos entre as aeronaves e o conjunto de voo meteorológico, os autores procuraram buscar medidas na tentativa de tentar melhorar a questão da segurança operacional envolvendo situações de perigo que poderiam estar ocorrendo pelo cruzamento de aeronaves que efetuam voos na FIR Curitiba.

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) possui, na sua página na internet, um instrumento de notificação de ocorrências com balão (CENIPA, 2016).

O balão referido pelo CENIPA é o balão utilizado criminosamente por grupos específicos para os festejos juninos, por exemplo. Essa ação de coleta dessas informações demonstra que o sistema aeronáutico considera perigoso a presença desse tipo de artefato de voo.

Considerando o balão meteorológico, a legislação MCA 105-9 (Manual de Estações Meteorológicas de Altitude - Ministério da Defesa - Comando da Aeronáutica) admite o perigo potencial da sondagem para a aviação no item “notificação de lançamento”, a seguir:

“Com a finalidade de reduzir a possibilidade de um balão meteorológico constituir perigo às aeronaves em voo, o operador de radiossondagem deve informar ao órgão local de Tráfego Aéreo: o horário de lançamento, com antecedência mínima de 30 minutos; a cor do balão meteorológico; outras informações julgadas úteis à segurança de navegação aérea, tais como a posição do balão meteorológico durante a subida, quando possível; o horário do momento em que o balão meteorológico se romper; caso haja um segundo lançamento, o horário previsto, com a devida antecedência e; quando não for realizado o lançamento, por qualquer motivo.” (MCA 105-9, 2015, p. 28).

Pode-se inferir que essa legislação possui a intenção de reduzir a possibilidade de um balão meteorológico constituir perigo às aeronaves durante a sua decolagem, pouso e talvez em voo (MCA 105-9, 2015)

Existe um certo temor dos “balões juninos” em relação à aviação. A imprensa sempre relata a questão do perigo que esse impacto pode gerar em uma aeronave. Parece mais importante, porém negligenciado, o fato do conjunto de voo representar maior perigo para as operações aéreas. A sondagem atmosférica é um ato contínuo (2 vezes ao dia por 365 dias no ano, o que totaliza 730 sondagens por ano) e necessário para o apoio das operações aéreas. Não é possível acabar com essa operação, assim, o que poderia ser realizado de forma simples e eficaz é o acompanhamento da sondagem pelos controladores de voo. Assim, situações perigosas poderiam ser evitadas.

O manual de gerenciamento do risco à segurança operacional no SISCEAB (MCA-63-14/20) informa que:

“O Gerenciamento do Risco à Segurança Operacional tem como objetivo identificar os perigos, analisar, classificar e eliminar (ou mitigar) os riscos, de forma a garantir os Níveis Aceitáveis de Desempenho da Segurança Operacional (NADSO) na prestação dos Serviços de Navegação Aérea (NR) – Portaria nº 186/DGCEA, de 18 de novembro de 2013” (MCA 63-14, 2012, p. 15).

Dessa forma, as autoridades ligadas ao sistema SGSO poderiam considerar que uma quantidade maior de movimentação de aeronaves (pousos e decolagens) geraria uma maior chance de condição de perigo referente a cruzamentos de trajetória com o conjunto de voo meteorológico. Nessa mesma publicação define-se que perigo é:

“qualquer condição, potencial ou real, que possa causar um dano físico, doença ou morte a pessoas, dano ou perda de um sistema, equipamento ou propriedade ou dano ao meio ambiente. Um perigo é uma condição que se constitui em um pré-requisito para a ocorrência de um acidente ou incidente” (MCA 63-14, 2012, p. 18).

Cabe aos autores apenas supor, já que não existe nenhum tipo de trabalho na questão da suposta probabilidade de cruzamento entre aeronaves e conjunto de voo meteorológico, que as autoridades ligadas a segurança operacional podem ter aceitado esse tipo de risco. Existe nos conceitos do SGSO a sigla ALARP que é usada para “descrever um risco à segurança operacional que foi reduzido a um nível tão baixo quanto razoavelmente praticável” (GRIFOS NOSSOS). A publicação ainda define que:

“para determinar o que é ‘razoavelmente praticável’ no contexto do gerenciamento do risco à segurança operacional, devem ser considerados tanto a viabilidade técnica de reduzir ainda mais o risco, quanto os custos que essa redução acarreta. Isso deve incluir uma análise de custo-benefício, mostrando que quando o risco em um sistema é ALARP, significa que qualquer redução do risco torna-se impraticável, considerando-se os altos custos que isto acarreta” (MCA 63-14, 2012, p. 17).

É óbvio que nos dias atuais, onde cortes no orçamento são cada vez mais presentes, deve ser pensado na questão de custos, porém acredita-se que esse real problema - cruzamento entre aeronaves e conjunto de voo meteorológico - poderia ser solucionado através da implantação de um sistema simples de visualização da trajetória do conjunto de meteorológico.

## 7 A SOLUÇÃO PROPOSTA

Frente a esse aspecto de que o conjunto de voo pode ter condições de estar cruzando com diversas aeronaves, sugere-se a implementação da visualização da trajetória executada pelo conjunto de voo no sistema SAGITARIO.

A implementação consistiria na utilização de um Rádio Receptor Definido por Software SDR baseado no chipset RTL-2832U, que utiliza uma interface USB. Seria necessário conectar uma antena do tipo dual band VHF 3/8 e UHF 2x5/8 de onda ao rádio receptor definido por software RTL-2832U, que trabalha na faixa de frequência de 400 MHz, exatamente na faixa que opera a radiossonda.

Deve-se conectar o rádio receptor definido por software baseado no chipset RTL-2832U no computador, através da sua interface USB e executar o software SDR Sharp. A sintonia e demodulação FM será feita com esse software, como mostra a Figura 6, a seguir.

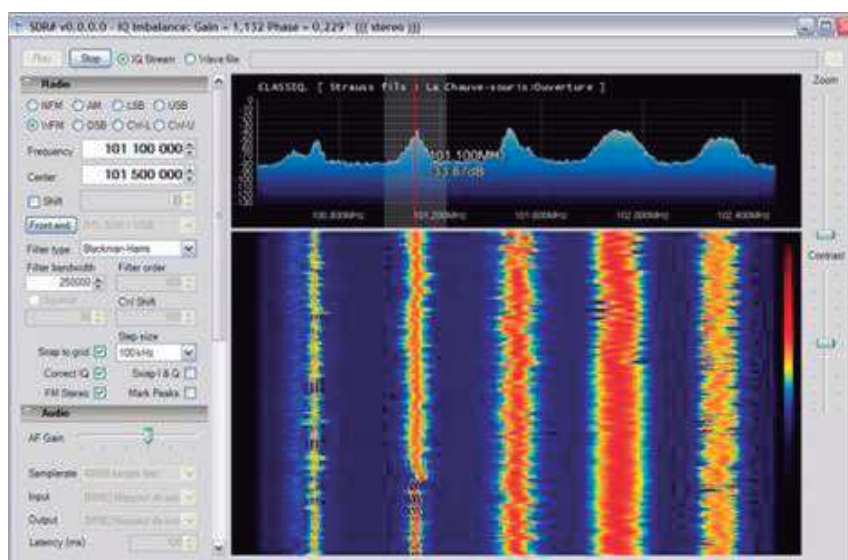


Figura 6 - Tela do Software SDR Sharp. Fonte (AIRSPY, 2017).

O Software SDR Sharp irá fornecer, à interface de áudio do computador, um sinal de áudio modulado com as informações pertinentes à radiossonda.

Esse sinal deve ser inserido no software SondeMonitor para ser decodificado e sua saída correspondente será as coordenadas geográficas de posicionamento GPS com latitude, longitude e altitude, entre outras informações presentes no sensor, como velocidade e direção da radiossonda, conforme mostra a Figura 7.

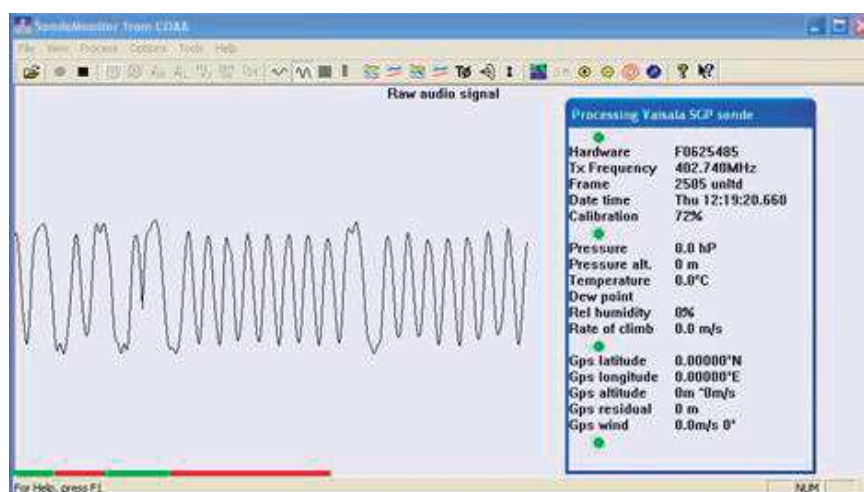


Figura 7 - Software SondeMonitor. Fonte: (QSL, 2017).

Por fim, a saída obtida pelo software SondeMonitor seria integrada no sistema SAGITARIO, onde os controladores poderão visualizar a sonda meteorológica como uma pista radar e, assim, gerenciar o tráfego das aeronaves em função da trajetória da sonda meteorológica durante a radio sondagem.

Para facilitar o entendimento da solução proposta, será apresentado na Figura 8, um diagrama em blocos da solução proposta.

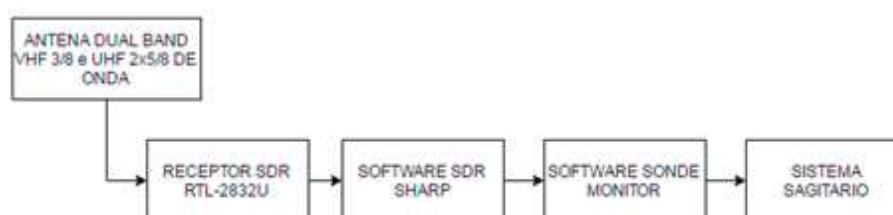


Figura 8 - Diagrama em Blocos da Solução Proposta. Fonte: Os Autores (2017).

Essa simples visualização no ambiente do controle (ACC-CW e APP-CW) poderia ser responsável por evitar uma condição de perigo através de uma colisão inesperada, pois a rota executada pelo conjunto de voo é incerta e incontrolável. Dessa forma, a aeronave pode ser alertada da presença ou até mesmo desviada.

Feito isso, seria possível adicionar mais um aspecto na questão da mitigação do risco na segurança de voo.

## 8 CONCLUSÃO

Considerando o objetivo proposto “investigar qual seria a relação existente entre o trajeto percorrido pelas sondas meteorológicas e o trajeto percorrido pelas aeronaves no espaço da terminal Curitiba”, é possível afirmar que a sonda meteorológica compartilha o espaço da aerovia, que é destinado apenas às aeronaves.

Existe um intenso tráfego no aeroporto e nas aerovias que cortam a terminal e a FIR Curitiba. O conjunto de voo apresentou no mês de referência uma predominância de direção para “Leste” (90 graus) que coincide com o intenso tráfego na mesma região.

Apesar dessa predominância de direção do conjunto de voo o mesmo também pode mudar sua direção de voo e assim continuar a comprometer a segurança de voo.

A consideração do perigo que o conjunto de voo representa durante a sua ascensão também deve ser ampliado para o momento de descida após o seu rompimento.

Apesar do objetivo dessa pesquisa ter sido atingido, o estudo não está isento de limitações. Pode-se afirmar que não foi considerada a separação mínima horizontal e também não foi realizada uma análise temporal da trajetória da sonda e das aeronaves.

Foi sugerida, como solução proposta, a implementação da visualização da trajetória executada pelo conjunto de voo no sistema SAGITARIO, conforme apresentado nesse artigo.

Como sugestão de trabalhos futuros, é sugerido que as pesquisas futuras incorporem a variável de separação mínima horizontal, bem como seja feita uma análise temporal da trajetória das aeronaves e da sonda durante a radiossondagem

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos pela ajuda em obter o levantamento das informações necessárias para a escrita desse artigo ao Civil Paulo Roberto Teixeira Leite (Base de dados/Planejamento/Estatística APP-CT) e ao Suboficial Especialista em Comunicações Eloísio de Freitas Silva e Souza (Base de dados/Planejamento/Estatística APP-CT).

## REFERÊNCIAS

- AEROTD. **Apostila Teórica sobre Segurança de Voo**, 2016. Disponível em: <<http://www.aerotd.com.br/decoleseufuturo/wp-content/uploads/2015/05/SEGURANCA-DE-VOO-.pdf>>. Acesso em: 11 fev. 2016.
- AIRSPY. **Software SDR Sharp**, 2017. Disponível em: <<http://www.airspy.com>>. Acesso em: 05 maio 2017.
- AIS WEB. **Terminal Curitiba e suas Aerovias**, 2017. Disponível em: <<http://www.aisweb.aer.mil.br/download/?arquivo=1bf87f9e-3f06-1033-9dc7-72567f175e3a>>. Acesso em: 07 maio 2017.
- ALI EXPRESS. **Receptor SDR RTL-2832U**. Ali Express, 2017. Disponível em: <<https://m.pt.aliexpress.com/item/32611544795.html>>. Acesso em: 05 jun. 2017.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **AIC Nº 4: Rotas especiais de aeronaves em voo visual na Área Terminal de Curitiba (REA)**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://servicos.decea.gov.br/arquivos/publicacoes/fbb5b43e-a23c-4610-9d5f4542613e4984.pdf?CFID=d92c11b2-a7f8-40de-8c8e-97cc677ccb6a&CFTOKEN=0>>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **AIP-Brasil: Publicação de Informações Aeronáuticas**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.aisweb.aer.mil.br/arquivos/publicacoes/AIP-BRASIL/12-2F6135D7-915E-44BD-97E89EF91B1BDF71.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 63-14: Manual de Gerenciamento do Risco à Segurança Operacional no SISCEAB**, 2012. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3736>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 105-9: Manual de Estações Meteorológicas de Altitude**, 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4282>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- BRASIL. **Lei nº 7565**, de 19 de Dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7565.htm)>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Ficha de Notificação de Ocorrência com Balão**, 2016. Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/baloeiro/pesquisa?data=01%2F01%2F2015&datafinal=31%2F12%2F2015&uf=PR&aerodromo=sbct&ano=2015&v=03FIJ>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

- EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA (INFRAERO). **Aeroporto Afonso Pena**, 2016. Disponível em: <<http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-internacional-de-curitiba-afonso-pena/sobre-o-aeroporto/historico/>>. Acesso em: 12 fev. 2016.
- GIL, C. **Métodos e técnicas em pesquisa social**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- HEINRICH, H. W.; GRANNISS, E. R. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. 2ª. ed. New York: McGraw-Hill, 1959.
- ITANI, A. O trabalho, sua invisibilidade e seu estudo: algumas considerações a partir do trabalho nos serviços dos transportes. **Tempo Social**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 162-194, 1996.
- MENDONÇA, F. A. C. MASO, D. B. Consequências da Criminalização de Acidentes Aeronáuticos. **Revista Conexão SIPAER**, v. 1, n. 2, p. 4-44, 2010. Disponível em: <<https://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/37>>. Acesso em: 1 maio 2017.
- QSL. Resultados da recepção de sinais emitidos por radiossondas do tipo RS92-SGP levadas por balões meteorológicos. **QSL.NET**, 2017. Disponível em: <<http://www.qsl.net/py4zbz/rs.htm>>. Acesso em: 05 maio 2017.
- RAUEN, F. J. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Unisul, 2002.
- SILVA, R. L.M.; BORGES, C. M.P.P.R. O impacto psicológico causado por um evento traumático na atividade de controle de tráfego aéreo. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 58-96, 2010. Disponível em: <<https://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/58>>. Acesso em: 1 maio 2017.
- SOUZA, M. A.A. **A mensuração de desempenho do sistema de controle do espaço aéreo – SISCEAB através do *balanced scorecard***. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas), Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa: Lisboa, Portugal, 2008.



---

# Resultados e Discussões sobre Medidas da Radiação Ionizante em Voo Sob o Espaço Aéreo Brasileiro

Marco Aurélio Barros Fortes<sup>1</sup>, Adriane Cristina Mendes Prado<sup>2</sup>, Hanna Flavia Santana dos Santos<sup>3</sup>, Matteus Bueno Caprecci<sup>4</sup>, Marlon Antonio Pereira<sup>5</sup>, Heloisa Helena de Castilho Pereira<sup>6</sup>, Claudio Mariano Silva<sup>7</sup>, Glaucio Cavalcante Viegas<sup>8</sup>, Claudio Antonio Federico<sup>9</sup>

1 Graduado em Engenharia Aeronáutica pela Universidade do Vale do Paraíba – UniVap (2012). Realizou trabalhos científicos na área de meteorologia atmosférica na Divisão de Ciências Atmosféricas – ACA/IAE/DCTA. Colaborador do projeto “Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeronáuticos – ERISA”. Mestrando pelo Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais no ITA (PG-CTE).

2 Doutoranda pelo ITA em Ciências e Tecnologias Espaciais. Mestre pelo ITA em Ciências e Tecnologias Espaciais. Engenheira Aeronáutica pela UniVap. Colaboradora dos projetos “Efeitos das Radiações Ionizantes em Sistemas Aeronáuticos – ERISA” e “Dosimetria das Radiações Ionizantes no Espaço Aéreo Brasileiro – DRIEAB”. Realizou atividades de pesquisa pelo IEAv nas áreas de simulação da radiação incidente sob aeronaves, simulação da interação da radiação com sistemas aviônicos e dosimetria aeroespacial.

3 Graduanda em Biomedicina pela Universidade Paulista (UNIP), com bolsa integral do ProUni. Atualmente bolsista PIBIC/CNPq no Instituto de Estudos Avançados (IEAv-DCTA) em São José dos Campos - SP, no Laboratório de Dosimetria Aeroespacial, atuando em dosimetria de radiação ionizante através de dosimetria termoluminescente (TLD) para a avaliação dos efeitos da radiação cósmica em tripulações e em aviônicos. Com participação em congresso internacional e nacional, além de ter participado de estudos no Belgian Nuclear Research Centre (SCK-CEN) como trainee na área de dosimetria. Atualmente pós graduanda *latu sensu* na Universidade Paulista em análises Clínicas.

4 Graduando em Engenharia Aeronáutica pelo ITA (2017). Foi aluno de Iniciação Científica PIBIC no ITA. Realizou trabalhos de pesquisa e desenvolvimento em simulação computacional de escoamento. Estagiário na Divisão de Energia Nuclear (ENU) no Instituto de Estudos Avançados (IEAv) onde desenvolve atividades na área de simulação de escoamentos bifásicos.

5 Doutorando em Ciências e Tecnologia Aeroespacial pelo ITA. Mestre em Ciências e Tecnologia Aeroespacial pelo ITA. Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Tecnologista Pleno no Instituto de Estudos Avançados (IEAv). Adjunto do Serviço de Radioproteção e Dosimetria do DCTA. Realiza trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de materiais para blindagem de radiação, estudo da interação da radiação com novos materiais e técnicas de dosimetria aplicadas ao setor aeroespacial. Atuou na indústria no setor de engenharia da qualidade por 10 anos.

6 Mestre em Ciências e Tecnologia Espaciais – ITA. Graduada em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena. Desenvolve trabalhos na área de pesquisa aplicados a dosimetria e blindagem de radiação aplicados ao setor aeroespacial. Atuou na indústria como Engenheira de Desenvolvimento e Aplicação por 6 anos.

7 Graduando em Matemática pela UNISUL. Sargento Técnico em eletrônica pela Escola de Especialistas de Aeronáutica. Técnico do Serviço de Proteção Radiológica do DCTA. Atuou em manuseio em diversas aeronaves da FAB, Instrumentador de ensaio em voo, Instrutor no curso de Ensaio em Voo modalidade Instrumentador de Ensaio.

8 Capitão no Instituto de Pesquisa e Ensaio de Voo – IPEV. Engenheiro Mecânico Pela Universidade de Brasília. Adjunto da Subdivisão de Calibração no IPEV. Colaborou com atividades de pesquisa voltados a testes de medição da radiação e dosimetria em a bordo de aeronaves.

9 Doutor em Tecnologia Nuclear – USP. Pesquisador no IEAv. Gerente do projeto ERISA. Graduado em Física pela Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos. Tecnologista Sênior e Supervisor de Radioproteção no Instituto de Estudos Avançados. Credenciado pelo CNEN. Professor de graduação na UNIP e Pós-graduação no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais do ITA. Desenvolve pesquisa na área de medição e monitoramento da radiação atmosférica, técnicas de dosimetria aeroespaciais, dosimetria e termoluminescência aplicadas, simulação da radiação aeroespacial e testes de componentes eletrônicos no campo de radiação.

---

**RESUMO:** Medidas e análises da radiação cósmica em voo são uma necessidade para se compreender corretamente o ambiente radioativo aeronáutico no espaço aéreo Brasileiro, missões estas que tem foram possíveis devido aos esforços e parceria entre o Instituto de Estudos Avançados (IEAv) e Instituto de Pesquisa e Ensaio de Voo (IPEV). A importância desta colaboração tem permitido a realização de alguns voos de aproveitamento para a realização de medidas da radiação ionizante presente na atmosfera em regime de voo com equipamentos sensíveis a radiação e aplicados para medições em aeronaves. As medidas possibilitam estudar o comportamento do campo da radiação no espaço aéreo brasileiro uma vez que este campo de radiação é complexo, possuindo variações no seu fluxo e espectro de energia, não sendo, portanto, trivial de se determinar. Equipamentos eletrônicos a bordo de aeronaves estão sujeitos a diferentes níveis de radiação que dependem da localização geomagnética, altitude e clima solar. Este trabalho apresenta a comparação do fluxo de partículas encontrado durante um voo, obtido experimentalmente e por meio de simulação computacional. Os dados experimentais foram obtidos pelo espectrômetro de LET Liulin-6B em voo e os resultados da simulação correspondem aos dados obtidos pelo código computacional EXPACS, que fornece o espectro atmosférico de partículas para diferentes posições geográficas e altitudes desejadas. Este trabalho também observou, durante o período de medidas em voo, os índices magnéticos  $k_{sa}$ , que indicam o grau de perturbação do campo magnético. Também foram comparados aos resultados os dados de monitoramento da radiação em solo, utilizando dados de estações experimentais da rede de monitoramento de nêutrons em solo da estação de Newark (EUA).

**Palavras Chave:** Ensaio em Voo. Radiação Ionizante. Espaço Aéreo Brasileiro.

## Results and Discussions on Ionizing Radiation Measures in Flight Under Brazilian Airspace

**ABSTRACT:** Measurements and analysis of cosmic radiation in flight are a necessity to properly understand the aeronautical radioactive environment in Brazilian airspace missions these which has been possible due to the efforts and partnership between the Instituto de Estudos Avançados (IEAv) and Instituto de Pesquisa e Ensaio de Voo (IPEV). The importance of this collaboration has allowed the realization of some flights of use for the realization of measurements of the ionizing radiation present in the atmosphere in flight regime with equipment sensible to the radiation and applied for measurements in aircraft. The measurements make it possible to study the behaviour of the radiation field in Brazilian air space since this field of radiation is complex, having variations in its flow and energy spectrum, and is therefore not trivial to determine. Electronic equipment aboard aircraft is subject to different levels of radiation depending on geomagnetic location, altitude and solar climate. This work presents the comparison of the flow of particles found during a flight, obtained experimentally and by means of computational simulation. The experimental data were obtained by Liulin LET-6B spectrometer flight and simulation results correspond to the data obtained by EXPACS computer code that provides spectrum atmospheric particles to different geographical positions and desired altitudes. This work also observed, during the period of measurements in flight, the magnetic indices ksa, which indicate the degree of perturbation of the magnetic field. We also compared the soil radiation monitoring data, using data from experimental stations of the neutron monitoring network at the Newark station.

**Key words:** In-Flight Test. Ionizing Radiation. Brazilian Airspace.

**Citação:** Fortes, MAB, Prado, ACM, Santos, HFS, Caprecci, MB, Pereira, HHC, Silva, CM, Viegas, GC, Federico, CA. (2017) Resultados e Discussões sobre Medidas da Radiação Ionizante em Voo Sob o Espaço Aéreo Brasileiro. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 132-141.

### 1 INTRODUÇÃO

A radiação de origem cósmica interage com as partículas constituintes da atmosfera através de processos de interações nucleares e Coulombiana. Estes processos produzem uma cascata de radiação atmosférica em que partículas secundárias compostas por nêutrons, prótons, múons, elétrons, fótons, entre outras, tem diferentes energias e intensidades. As condições desse ambiente atmosférico podem afetar tanto o ser humano quanto dispositivos eletrônicos, de forma a até comprometer a segurança de voo (DYER; TRUSCOTT, 1999; MERTENS et al., 2009; TAKADA et al., 2012).

Alguns trabalhos de mitigação levam em consideração o risco oferecido a aeronavegabilidade avaliando sistemas aviônicos como Investigation Report de 2011 (AO-2008-070) citados nas International Electrotechnical Commission (IEC) relacionados a efeitos da radiação atmosférica (IEC, 2008a).

#### 1.1 Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)

O campo magnético terrestre funciona como uma região de aprisionamento das partículas provenientes do vento solar, partículas carregadas de ejeção de massa coronal solar, entre outras partículas oriundas do meio galáctico. Porém o campo magnético não é uniforme e sofre variações de intensidade ocasionando períodos denominados como tempestades magnéticas.

Na região do campo próxima do Brasil o campo é defletido, denominado esta região como AMAS que é foco de estudos de muitos trabalhos científicos (BATTISTON, 2014; FEDERICO et al., 2010).

#### 1.2 Índice Magnetômetro

O índice k quantifica o grau de variação da componente horizontal (H) do campo magnético terrestre em que pode assumir entre 0 – 9. Quando o índice se comporta entre 0 e 5- pode-se considerar que o campo magnético está calmo e índices maiores que 5 são considerados distúrbios intensos na componente H que indica tempestades geomagnéticas. Suas observações são realizadas através de magnetômetros. Os índices são gerados a cada 3 horas caracterizando um período referente ao comportamento do campo magnético. Na América do Sul existe uma rede de magnetômetros que estão sob influência da AMAS, e geram o índice ksa referente a rede que abrange diferentes regiões no Brasil e Argentina. A denominação do ksa é pertinente à classificação do índice k porem considera todos os magnetômetros sustentados pelo programa “Estudo e Monitoramento Brasileiro do Clima Espacial” (EMBRACE) (CHEN et al., 2012; DENARDINI et al., 2013).

#### 1.3 Efeito da Radiação Ionizante em Sistemas Aviônicos

A partícula ao incidir no meio material, dependendo da sua energia e natureza, transfere parte de sua energia ao meio. Além disso a quantidade de energia depositada depende do percurso desenvolvido no meio. À quantidade de energia depositada por unidade de percurso, atribui-se o Coeficiente de Transferência Linear de Energia (do Inglês, Linear Energy Transfer – LET). A unidade usual utilizada é energia (keV) por unidade de comprimento ( $\mu\text{m}$ ) como apresentado na Equação 1.

$$LET = \frac{keV}{\mu m} \quad (1)$$

#### 1.4 Riscos atrelados a sistemas aviônicos

A interação da radiação pode provocar efeitos em componentes ou circuitos eletrônicos, como alterações transitórias ou permanentes dos parâmetros de funcionamento ou falha no sistema (IEC, 2008b; MAURER et al., 2008).

Os efeitos podem ser classificados como cumulativos ou estocástico, no primeiro caso tem-se efeitos devido à Total Ionization Dose (TID) e Displacement Dose (DD). Já no segundo caso tem-se Single Event Effects (SEE) (GONÇALEZ et al., 2012; IEC, 2008a).

O impacto relacionado a segurança de voo são objetos de estudo relacionados anomalias no comportamento da eletrônica a SEE como apontado por (COOPER, 2012).

#### 1.5 Contextualização do problema

Alguns trabalhos vêm tomando destaque na capacitação e desenvolvimento de técnicas de caracterização e monitoramento do campo de radiação sob o regime de voo, apresentando resultados obtidos sob diferentes condições e patamares de voo e relacionando o espectro de LET das partículas obtidos experimentalmente com dados de estações de monitoramento em solo da radiação cósmica, comportamento do campo magnético, simulação da cascata de radiação, entre outros (FEDERICO, 2011; FEDERICO et al., 2015; FORTES et al., 2015; GETLEY et al., 2010; PAZIANOTTO et al., 2015).

## 2 METODOLOGIA

Ocorreu um voo em 31/03/2015 com origem no aeroporto do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial localizado em São José dos Campos (SJC) – SP (SBSJ/DCTA) com destino à base Aérea de Brasília – DF (SBBR/BABR) e posterior retorno. A região está sob influência da AMAS onde o campo magnético terrestre sofre deflexão. Foi utilizado o espectrômetro de LET Liulin-6B nesta missão com antena GPS ligado e intervalos de aquisição de 10 segundos. Os tempos de registro são dados em tempo Universal Coordinated Time (UTC) e são discutidos na mesma forma nos resultados.

A decolagem ocorre partindo de SJC as 12:00:00 UTC com pouso realizado em Brasília as 14:15:00 UTC. Posteriormente no retorno ocorre a decolagem partindo de Brasília as 15:25:00 UTC com pouso em SJC as 17:20:00 UTC. Na Figura 1 é ilustrada a rota durante todo o período da missão.

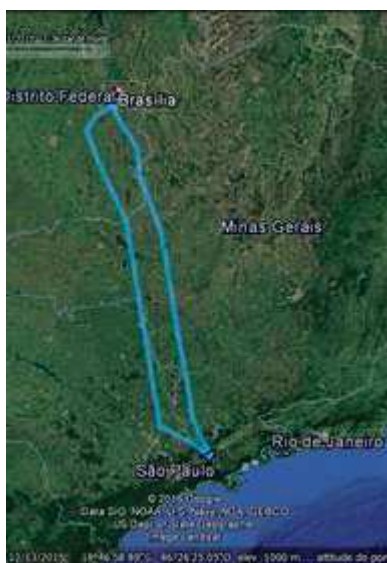


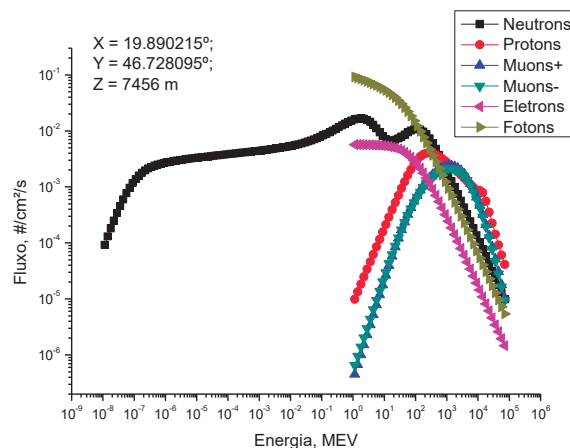
Figura 1: Rota do voo com origem do aeroporto de SJC com destino a Brasília e posterior retorno. Extraído e adaptado de GOOGLE (2015).

Foi utilizado o espectrômetro de LET (Liulin-6) para medir o fluxo de partículas e estudar o comportamento de LET das partículas durante o regime de voo. A faixa de fluxo detectável pelo Liulin-6B é de 0,01 – 1250 partículas/cm<sup>2</sup>.s, já a faixa de LET é de 0,135 – 69,4 keV/μ e a faixa de dose depositada é de 0,093 nGy – 1,56 μGy. O número de canais de detecção é de 256, como a faixa de energia que uma partícula para perder para o detector é de 0,0407 – 20,83 MeV, logo no primeiro canal pode ser perdido 0,0407 MeV e como é conhecido que a detecção de energia por canal é uma função linear, logo no ultimo canal, isto é, no canal 256 a partícula terá que perder 20,83 MeV para ser contada. Assim o coeficiente linear ( $a_i$ ) oferece a informação de energia perdida pela partícula por canal que foi detectado sendo no valor de 0,081208 MeV/canal, em que os canais são contados de 0 – 256, logo existem 255 intervalos de detecção (Equação 1) (DACHEV et al., 2002, 2011).

$$a_i = \frac{20,83 - 0,0407}{255} = \frac{20,7893}{255} \cong 0,081526 MeV \quad (2)$$

Foram realizadas simulações através do software EXPACS para avaliar a contribuição de nêutrons, prótons, múons, elétrons e fótons na atmosfera sob as condições de voo a fim de realizar comparações do perfil temporal do fluxo de partículas com os dados obtidos pela simulação.

As estimativas de simulação dos fluxos de partículas foram realizadas por meio do código EXPACS para diferentes altitudes, longitudes e latitudes ao longo da rota de voo apresentada na Figura 1, com potencial solar de 683 MeV, obtido de (FAA, 2017). Foi considerado a atmosfera livre nos resultados das simulações. Um espectro típico pode ser observado pela Figura 2 que foi considerado para uma condição de voo de cruzeiro. O código é capaz de oferecer resultados para nêutrons de baixas energias (nêutrons térmicos) e para outras partículas a partir de 1 MeV (SATO, 2016).



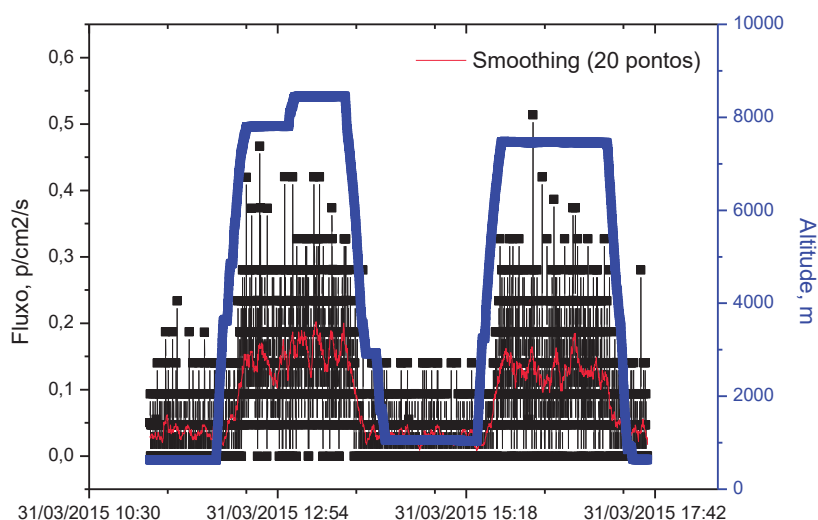
**Figura 2:** Espectro de fluxo de partículas e suas energias para uma condição de voo. Resultado de simulação no EXPACS.

Foram comparadas medidas de monitoramento em solo da estação de Newark (EUA) durante o período da missão a fim de observar alguma variação do fluxo de raios cósmicos atmosféricos em uma estação em solo e comparar com as medidas durante o período de voo.

Também foram utilizados os índices ksa, que podem oferecer informações do comportamento do campo magnético em solo, segundo os dados das estações espalhadas pela América do Sul. Os índices são mantidos e foram fornecidos através do portal EMBRACE (EMBRACE, 2017).

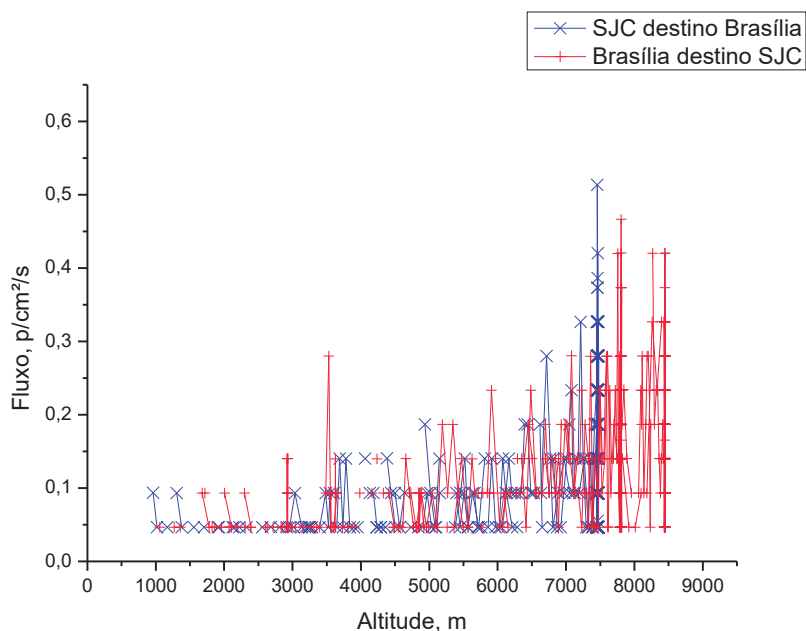
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a primeira etapa da missão (Figura 3) a aeronave permaneceu durante dois patamares de voo sendo o primeiro mantido próximo a 7800 m logo depois sobe para 8440 m e no voo de retorno de Brasília para SJC o patamar de voo de cruzeiro permaneceu em torno de 7460 m. Na Figura é apresentado o perfil de fluxo de partículas detectadas pelo Liulin-6B onde pode ser observado que a dependência do aumento do fluxo de partículas com a altitude. Na Figura 3 foi realizado um smoothing aos dados experimentais, de forma a facilitar a observação de comportamentos.



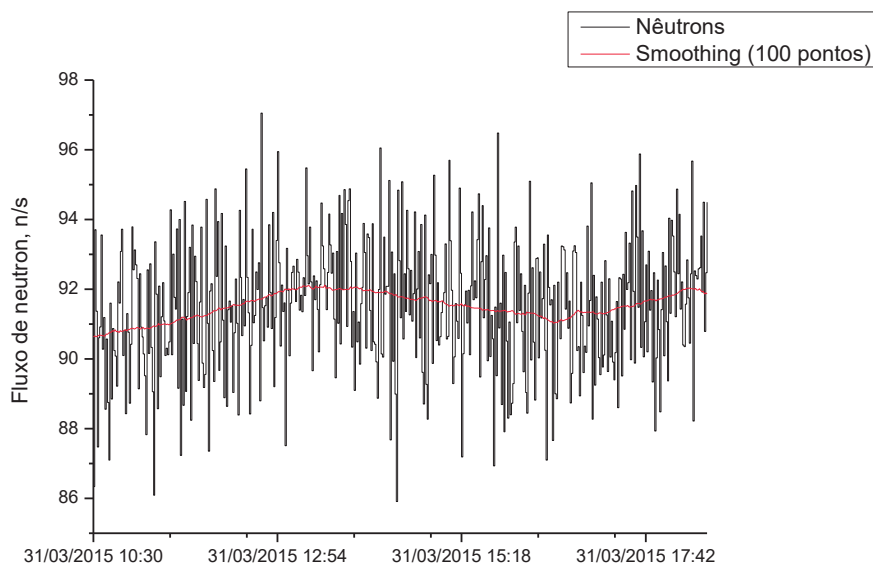
**Figura 3:** Perfil de voo e fluxo de partículas dependentes do tempo.

Pode ser observado na Figura 3 o comportamento do fluxo de partículas considerando a altitude nas duas etapas da missão. Observa que em houve um aumento do fluxo de partículas detectadas em ambas as etapas de voos. Porém no voo de volta o fluxo de partícula mostrou-se elevado para a altitude próxima de 3500 m para SJC com destino a Brasília ao passo que no voo de Brasília com destino a SJC ganha destaque para a altitude de 7448 m onde o fluxo aumenta ultrapassando o fluxo encontrado para maiores altitudes.



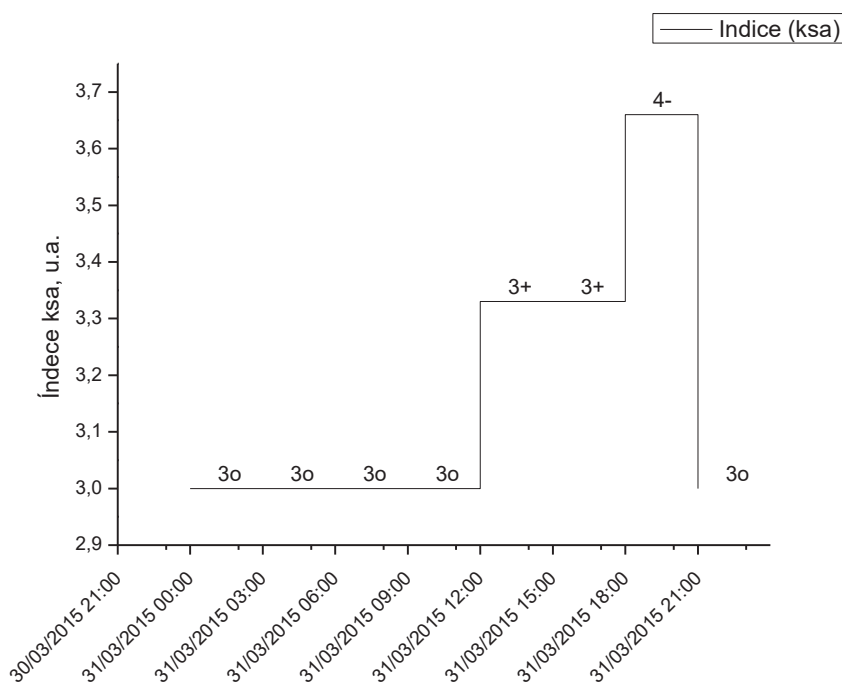
**Figura 4:** Fluxo de partículas vs altitude.

Nos dados de nêutrons da estação de Newark – EUA (Figura 5) pode ser observado que para o período correspondente ao voo com origem de SJC para Brasília há pequeno aumento do fluxo de nêutrons ao passo que para o período de retorno (Brasília - SJC) ocorre uma queda no fluxo. Comparando o comportamento do fluxo de partículas (Figura 1) observa-se que o segundo período da missão (Brasília - SJC) são atingidos os mais altos valores durante toda missão. Ao passo que na primeira fase, o fluxo de nêutrons é maior e o fluxo de partículas indica ser menor em comparação a segunda fase da missão. Uma média dos pontos vizinhos (Smoothing) foi realizada para evidenciar a variação do fluxo de nêutrons da estação considerando 100 pontos vizinhos.



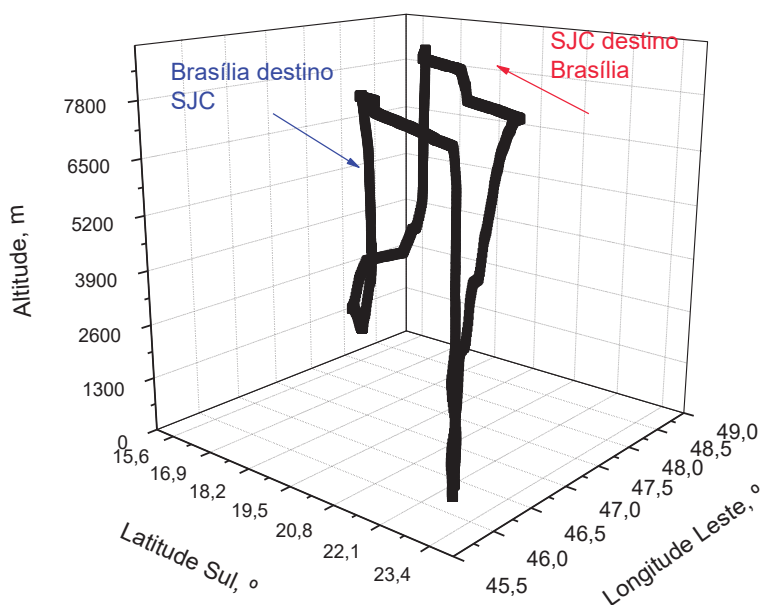
**Figura 5:** Fluxo de nêutrons da estação de Newark – EUA.

Durante o todo o período da missão o campo magnético manteve caracterizado como calmo (3+) como pode ser observado pela Figura 6, de maneira que não é esperado que seja um parâmetro significativo em relação a variação do fluxo de partículas incidentes na atmosfera bem como a composição e intensidade da cascata de radiação.



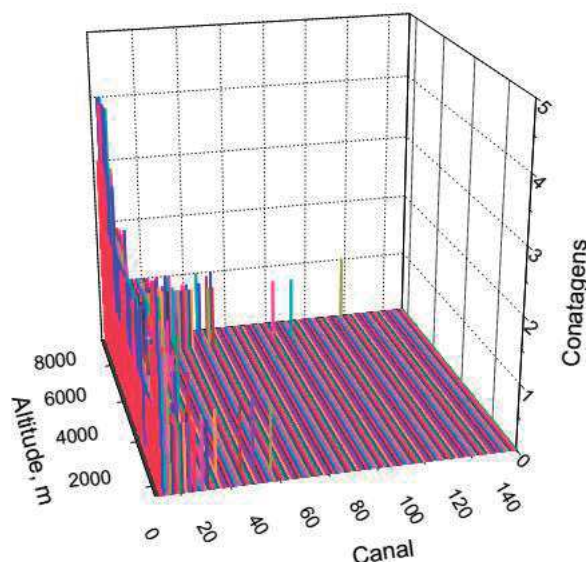
**Figura 6:** Índice ksa durante o período completo da missão.

Na Figura 7 é apresentado o perfil do voo onde podem ser observadas diferentes latitudes de cruzeiro, sempre da região inseridas sob o campo da AMAS.



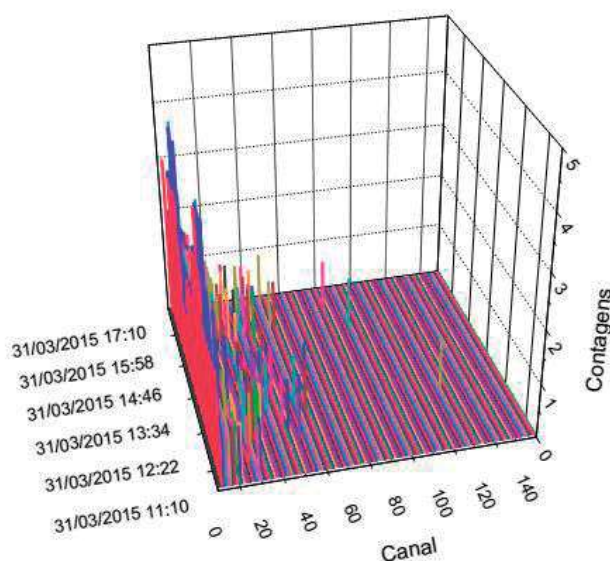
**Figura 7:** Perfil do voo com origem de SJC e destino a Brasília com posterior retorno.

Pode ser observado na Figura 8 que com o aumento da altitude há contagens nos canais mais altos, o que indica a presença de partículas de maior LET. Entre as altitudes de 4000 a 6000m não são observadas contagens expressivas pois a aeronave está sob o regime de decolagem ou pouso (Figura 3). Observa-se a presença de contagens próximas até o canal 60, para as altitudes entre 2000 e 3000m. Este resultado é devido ao patamar de altitude intermediário percorrido antes do pouso no aeroporto de Brasília.



**Figura 8:** Espectro de contagens de canais dependente da altitude.

Na Figura 9 é observada a dependência de contagens nos canais no tempo de missão. Pode ser observado que partículas de maior LET são detectadas entre dois períodos da missão, sendo elas entre ~12:30 as 13:45 UTC e sem seguida entre ~15:40 as 17:00 UTC. A presença de partículas de maior LET é maior na primeira fase da missão em altitude próxima a 8000 m como observado pela Figura 3 em que é identificado ~13:05 as 13:45 UTC durante o voo (Figura 2).



**Figura 9:** Espectro de contagens de canais dependente do tempo de missão.

As simulações dos fluxos de partículas foram realizadas para 18 pontos durante o voo (PV), determinados durante o regime de voo de cruzeiro (posições extraídas da Figura 7). São apresentadas na Tabela 1 as posições utilizadas na simulação com o código EXPACS.

PV	Lat (°)	Long(°)	Alt(m)
1	22.65455	46.86961	7782
2	21.75135	47.13075	7803
3	21.12169	47.23274	7811
4	20.48986	47.34612	7809
5	20.31722	47.37657	8205
6	19.93741	47.44214	8449
7	19.1969	47.56668	8444
8	18.60445	47.67319	8448
9	17.7969	48.01395	8449

10	16.78455	47.55158	7467
11	17.19969	47.44335	7473
12	17.15461	47.44816	7471
13	17.71516	47.32715	7467
14	18.99514	46.8826	7463
15	19.89022	46.7281	7456
16	20.74212	46.57781	7454
17	21.81462	46.35705	7452
18	22.30454	46.27556	7399

**Tabela 1:** Posição das aeronaves simuladas durante o voo em regime de cruzeiro.

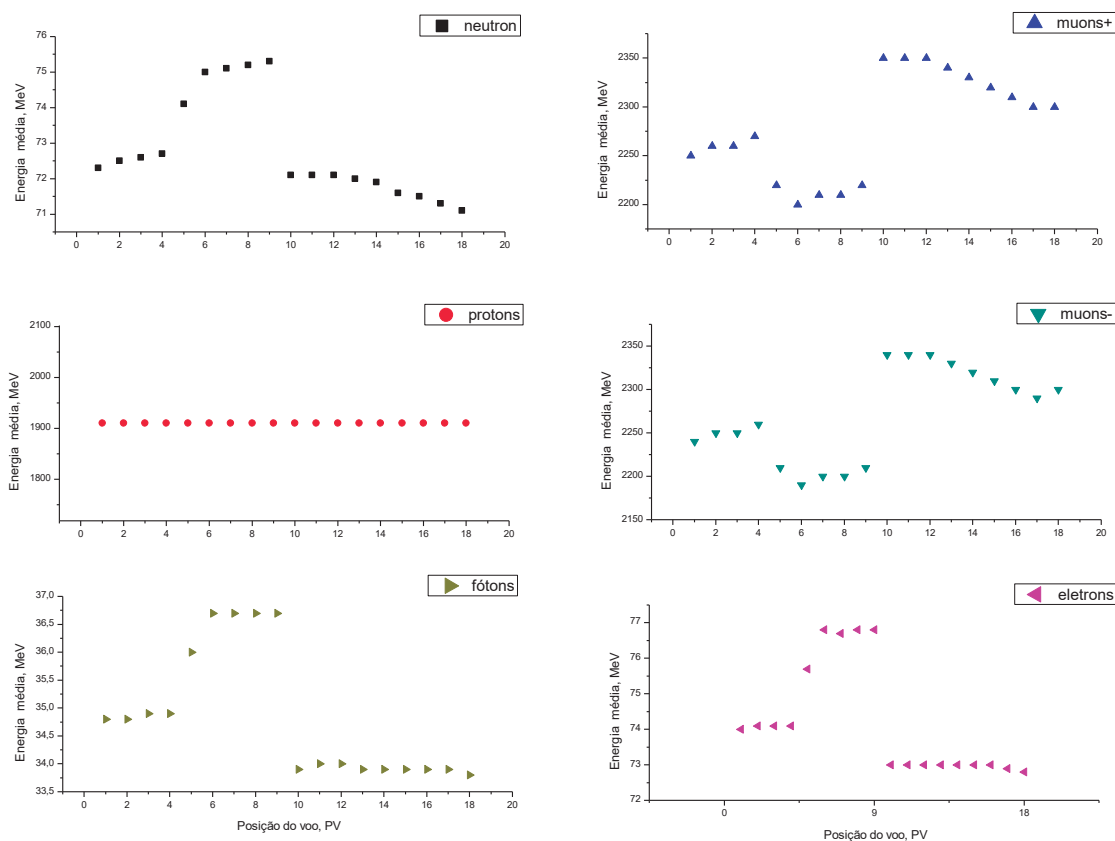
Pode ser observado na Figura 10 que para nêutrons, fótons e elétrons, as energias médias apresentam comportamento de aumento com a latitude de voo, produzindo uma curva ascendente de 1 a 4 e descendente de 10 a 18. A região compreendida entre os PVs de 5 a 9 claramente destoa do comportamento geral devido a um aumento na altitude de voo ocorrido nesse trecho da rota. No caso dos múons para os PVs de 5 a 9, observa-se na mesma figura, um comportamento inverso, indicando uma diminuição da energia média com o aumento da altitude de voo.

Não foram observadas variações nas energias médias no caso do comportamento dos prótons.

Comparando-se a Figura 9 com a Figura 10, pode observar que existe uma concordância entre regiões em que ocorreram detecção de mais alto LET (canais mais altos) com aquelas regiões cujas energias médias de nêutrons, elétrons e fótons são mais elevadas.

A (IEC, 2006, 2008a, 2008b) nos termos considera eventos de SEE e SEU observáveis para nêutrons de alta energia (acima de 10 MeV e nêutrons térmicos). Considerando que a taxa de ocorrência de eventos (SEE ou SEU).

Conforme a tecnologia de fabricação a eletrônica pode se tornar mais susceptível a eventos de SEE, sendo que, para tecnologias mais modernas vem se tornado maior a susceptibilidade de para anomalia do comportamento. Trabalhos vem tomando destaque em relação a observações de anomalias, no comportamento de dispositivos eletrônicos, relacionado as partículas com LET menor à tecnologia de fabricação (FACCIO et al., 1999; HEIDEL et al., 2009).



**Figura 10:** Energia média ponderada pelo fluxo, simuladas no EXPACS, para diferentes PVs.



#### 4 CONCLUSÕES

Durante o voo realizado no dia 31/03/2015 com origem no aeroporto de São José dos Campos com destino a Base Aérea de Brasília foram observadas diferenças no comportamento do fluxo de partículas utilizando um espectrômetro de LET (Liulin-6B). Através dos resultados obtidos pode-se verificar o aumento na detecção de partículas de mais alto LET com o aumento da altitude, o que indica que a eletrônica passa a sofrer efeitos de partículas incidentes com maior deposição de energia em relação àquelas incidentes ao nível do solo.

Observou-se também que através dos dados de monitoramento da estação em solo de nêutron em Newark – USA pode-se indicar uma anti-correlação no comportamento entre o fluxo de nêutron em relação à detecção em patamar de voo para próximas altitudes.

O índice geomagnético ksa manteve-se constante e com valores baixos (até 3+) o que indica que não houve a presença de tempestades geomagnéticas durante a missão, o que descarta este fator como um dos possíveis fatores responsáveis pela variação da composição do espectro com a posição da aeronave durante o período da missão.

Por meio das simulações foi possível observar que a aeronave atravessa diferentes campos de radiação tanto em intensidade quanto energia.

Através da comparação entre simulação realizada no EXPACS e do espectro de partículas por canais (Figura 9), observou-se uma concordância entre o comportamento das contagens experimentais obtidas pelo espectrômetro de LET (Liulin-6B) e o comportamento esperado obtido com base nas simulações.

Conforme o fluxo de partículas medido e de acordo com o campo de radiação que a aeronave está inserida, toma-se a tenção para o aumento do risco a aeronavegabilidade em relação a susceptibilidade de novas eletrônicas poderem apresentarem anomalias no seu comportamento em regime de voo devido ao fluxo incidente de partículas frente a tecnologia de fabricação.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores a colaboração com o Instituto de Ensaio de Voo (IPEV) pelo voo de aproveitamento que tornou este trabalho possível, ao INPE/EMBRACE pelo fornecimento dos índices magnetômetros ksa e também a Universidade de Delaware (USA) pelos dados da estação de monitoramento de nêutrons em solo em Newark. Agradecimento especial ao CNPq que sustenta o projeto ERISA ao qual este trabalho tornou-se possível

#### REFERÊNCIAS

- BATTISTON, R. Cosmic ray physics in space: from fundamental physics to applications. **Rend. Fis. Acc. Lincei**, v. 25, n. 1, p. 97–105, 2014.
- CHEN, S. S. et al. Relação entre a variação na componente H do campo geomagnético e o índice K local para as estações da Rede EMBRACE de Magnetômetros. In: XXIV Salão de Iniciação Científica da UFRGS. **Repositório digital (LUME)**... 2012.
- COOPER, N. G. **The Invisible Nêutron Threat**. Disponível em: <[http://www.lanl.gov/science/NSS/issue1\\_2012/story4full.shtml](http://www.lanl.gov/science/NSS/issue1_2012/story4full.shtml)>. Acesso em: 23 jun. 2017.
- DACHEV, T. et al. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters. **Advances in Space Research**, v. 30, n. 4, p. 917–925, 2002.
- DACHEV, T. et al. Liulin-type spectrometry-dosimetry instruments. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 144, n. 1, p. 675–679, 2011.
- DENARDINI, C. M. et al. The South American K Index : Initial Steps from the Embrace Magnetometer Network. In: 13<sup>o</sup> International Congress of the Brazilian GEophysical Society. **Anais...**Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2013.
- DYER, C. S. U.; TRUSCOTT, P. R. Cosmic radiation effects on avionics. **Microprocessors and Microsystems**, v. 22, n. September 1998, p. 477–483, 1999.
- EMBRACE. Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial (EMBRACE). Disponível em: <<http://www2.inpe.br/climaespacial/portal/pt/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Heliocentric Potential**. Disponível em: <[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/heliocentric/](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/heliocentric/)>. Acesso em: 27 abr. 2017.
- FACCIO, F. et al. Single event effects in static and dynamic registers in a 0.25  $\mu\text{m}$  CMOS technology. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 46, n. 6, p. 1434–1439, 1999.
- FEDERICO, C. A. et al. Neutron spectra measurements in the south Atlantic anomaly region. **Radiation Measurements**, v. 45, n. 10, p. 1526–1528, 2010.
- FEDERICO, C. A. **Dosimetria da radiação cósmica no interior de aeronaves no espaço aéreo brasileiro**. São Paulo, Brasil: Instituto Nacional de Energia Nuclear, 2011.

- FEDERICO, C. A. et al. Radiation measurements onboard aircraft in the south Atlantic region. **Radiation Measurements**, v. 82, p. 14–20, 2015.
- FORTES, M. A. B. et al. Ensaio de medição da Radiação Ionizante em Voo. In: 8º Simpósio de Segurança de Voo (SSV 2015), **Anais...** n. 8, p. 826–868, 2015.
- GETLEY, I. L. et al. Evaluation of new cosmic radiation monitors designed for aircrew exposure assessment. **Space Weather**, v. 8, n. 1, p. S01001, 2010.
- GONÇALEZ, O. L. et al. Qualification of electronic components with respect to the cosmic radiation tolerance for space application. In: 4th Workshop sobre os efeitos da radiação ionizante em componentes eletrônicos e fônicos de uso aeroespacial. **Anais...**São José dos Campos: 2012
- HEIDEL, D. F. et al. Single-event upsets and multiple-bit upsets on a 45 nm SOI SRAM. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 56, n. 6, p. 3499–3504, 2009.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-1**, v. 1, p. 1–64, 2006.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-2**, v. 1, p. 1–32, 2008a.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-3**, v. 1, p. 1–30, 2008b.
- MAURER, R. H. et al. Harsh Environments: Space Radiation Environment, Effects, and Mitigation. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, v. 28, n. 1, p. 17–29, 2008.
- MERTENS, C. J. et al. Aircraft radiation exposure during a high-energy solar energetic particle event in October 2003. **Space Weather**, v. 8, n. October, p. 1–9, 2009.
- PAZIANOTTO, M. T. et al. Determination of the cosmic-ray-induced neutron flux and ambient dose equivalent at flight altitude. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 630, n. 12022, p. 2–9, 2015.
- SATO, T. Analytical model for estimating the zenith angle dependence of terrestrial cosmic ray fluxes. **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p. 1–22, 2016.
- TAKADA, M. et al. Measuring cosmic-ray exposure in aircraft using real-time personal dosimeters. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 149, n. 2, p. 169–176, 2012.
- Google Maps. Localização entre São José dos Campos e Brasília. Disponível em <http://www.google.com.br/maps> Acessado em 27 de abril de 2015.

---

# Santos Dumont: Um Pioneiro da Segurança de Voo e dos Ensaios em Voo

Henrique Lins de Barros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador Titular do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas CBPF/MCTI

---

**RESUMO:** Breve história da trajetória de Alberto Santos Dumont no período de 1897 a 1910 quando o inventor está preocupado com os aspectos de segurança do voo e realiza diversos ensaios com os seus inventos.

**Palavras Chave:** Navegação Aérea. Dirigível. Acidente.

## Santos Dumont: A Pioneer in Flight Safety and in-Flight Testing

**ABSTRACT:** Brief history of the trajectory of Alberto Santos Dumont in the period of 1897 to 1910, when the inventor was concerned with the safety aspects of the flight and performed several tests with his inventions.

**Key words:** Air Navigation. Airship. Accident.

**Citação:** Barros, HL. (2017) Santos Dumont: Um Pioneiro da Segurança de Voo e dos Ensaios em Voo. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 142-148.

### 1 INTRODUÇÃO

Oito de agosto de 1901: Santos Dumont cai com o dirigível N-8 no Trocadero, Paris.

Santos Dumont teve um papel central na história do voo mecânico. Em 1901, ao ganhar o grande prêmio instituído pelo industrial do petróleo Deutsch de La Meurthe (1846-1919) e com a presença do Aeroclub de França, ele inaugura a Era da Navegação Aérea. Cinco anos depois, ao conseguir realizar o primeiro voo completo em um avião, o *14-bis*, ele demonstra ser possível fazer um aparelho mais pesado que o ar capaz de decolar e voar por meios próprios. Mas, para atingir sucesso, ele teve que enfrentar várias situações críticas. Sua história é repleta de acidentes. Desde o primeiro ano, quando ele inicia seus trabalhos em balões, em 1898, até seus anos finais no campo de provas quando voa com o *Demoiselle 20*, em 1910, ele experimenta a queda com sabedoria. Para ele, cair é uma fonte importante para estudar as causas do insucesso e permite procurar novas soluções. Por isso, apesar de tantos acidentes, ele sobrevive e avança.

### 2 DESENVOLVIMENTO

Logo que retornou a Paris, em 1897, após quatro anos na cidade francesa estudando com um preceptor de origem espanhola, Santos Dumont inicia seus projetos aeronáuticos. Na época, o grande desafio era a dirigibilidade de balões, problema sem solução até então, embora tenha sido abordado desde que os irmãos Joseph-Michel (1740-1810) e Jacques-Étienne (1745-1799) Montgolfier, com balões de ar quente, e o físico Jacques Alexander Charles (1746-1823), com balões de hidrogênio, realizaram os primeiros voos tripulados em 1783.

As primeiras propostas de dirigir um balão esbarravam na ausência de uma fonte propulsora leve com potência. As tentativas do uso da vela, como Yves Guyot propôs ainda em 1784, ou do motor a vapor por Henri Giffard (1825-1882) em 1852, da propulsão humana, de 1872, por Henri Dupuy de Lôme (1816-1885), ou ainda, com motores elétricos, em 1884, por Arthur Krebs (1850-1935) e Charles Renard (1847-1905), não tiveram sucesso. David Schwarz (1850-1897), em 1897, construiu um dirigível de revestimento metálico movido por motor a explosão, mas morreu antes do veículo ser testado.

Santos Dumont, assim que retornou a Paris, projetou, patenteou e construiu um motor a combustão interna de dois cilindros em tandem para ser usado no problema da dirigibilidade de balões. Testou-o em seu triciclo, estudou o desempenho com o motor pendurado no galho de uma árvore para estudar a vibração, e verificou que o novo motor era seguro. Com um motor, ele passou a investir no balão.

Em 1897, realizou o seu primeiro voo em balão livre e, após vários voos, tornou-se um experiente balonista. Tendo o domínio da técnica, projetou o seu próprio balão.

Estudou a resistência da seda japonesa para usar no invólucro, utilizou cabos mais finos e resistentes e para isso mediu a resistência ao ar, reduziu o peso dos vários componentes, deslocou o centro de gravidade para bem abaixo do invólucro e construiu o menor balão até então: o *Brasil*, de 6 m de diâmetro, 113 m<sup>3</sup> de hidrogênio e pesava somente 27,5 kg. Em 4 de julho de 1898 decolou com sucesso, apesar de ouvir dos demais balonistas que o seu modelo não seria nem estável, nem seguro. Realizou vários voos bem-sucedidos com ele.

Logo construiu um novo balão, maior, o *América*. Realizou diversos voos com ele e com convidados bem como com outros balões até se tornar um balonista experiente e respeitado. Experimentou situações críticas, como tempestades, e sofreu alguns

acidentes que serviram para analisar as causas dos problemas. Ainda em 1898, após testar a segurança de cada um dos elementos, projetou e construiu o seu primeiro dirigível, o *Santos Dumont N-1*.

O *N-1* foi uma revolução. Com uma forma alongada para reduzir o arrasto, usou pela primeira vez com sucesso com sucesso o motor a petróleo, e mudou todos os demais elementos até então usados:

- Invólucro – seda japonesa, mais leve e com boa resistência. “Para não exceder, com o verniz, o limite de peso calculado, recorri, forçosamente, à minha seda japonesa que tanta solidez havia provado no ‘Brasil’” (DUMONT, 1973. p.112).
- Motor – 3,5 CV de cilindros em tandem pesava 30 kg.
- Uso de cabos finos ligados diretamente ao invólucro e ao cesto.
- Cano de escape do motor colocado para baixo, para evitar o contato de fagulhas com o invólucro de hidrogênio.
- Colocação da cesta bem abaixo do invólucro para manter maior estabilidade.

Os dirigíveis de Santos Dumont não possuíam uma estrutura interna. A pressão interna do gás ( $H_2$ ) é que mantinha a forma do invólucro. Quando o aparelho sobe, porém, é essencial manter a pressão interna. Como a pressão atmosférica diminui com a altura e a incidência da luz solar aumenta a temperatura, Santos Dumont instalou um pequeno balonete de ar ligado ao seu motor. Assim, ao subir, o balonete libera ar permitindo que o hidrogênio se dilate. Na descida, o hidrogênio se contrai e o volume do balonete aumenta mantendo a pressão interna do invólucro.

Os primeiros dirigíveis de Santos Dumont eram muito alongados para reduzir a resistência ao ar. O *N-1*, por exemplo, tinha 25 m de comprimento com um diâmetro de somente 3,5 m e 186 m<sup>3</sup> de  $H_2$ .

Cuidadoso com a segurança, Santos Dumont preparou-se para o voo:

Garantida a confecção do invólucro, cuidei da barquinha, do motor, do propulsor, do leme e da maquinaria. Quando tudo ficou pronto, submeti-o a diversas experiências, suspendendo por meio de cordas o sistema por meio de uma corda às traves da oficina. Pus o motor em ação e medi a força do movimento de impulsão que determinava o propulsor batendo no ar. Opus-me a este movimento por meio de uma corda fixa ao dinamômetro, e constatei que a força de tração desenvolvida pelo motor no propulsor, com dois braços medindo, cada um, um metro, atingia vinte e cinco libras, ou seja, onze quilos e meio. (DUMONT, 1973. p. 112-113).

Com todo o sistema testado, foi para o campo do Jardim de Aclimação no bosque de Bolonha, Paris. O dirigível estava estendido na relva, entre as árvores do jardim.

No dia 18 de setembro de 1898, tentou subir com o seu novo invento. Dando ouvido aos balonistas, errou. Posicionou o dirigível a favor do vento. “Parti do local que eles indicaram e, no mesmo segundo, tal como receava, meu navio aéreo foi rasgar-se contra as árvores.” (DUMONT, 1973. p 117).

Dois dias depois, já com o dirigível consertado, levantou voo, elevou-se a mais de 300 m e conseguiu controlar a aeronave. Na descida, porém, o balão perdeu a rigidez e o “longo cilindro começou a dobrar-se pelo meio, como um canivete.” (DUMONT, 1973. p 118). Caindo, viu uns meninos que empinavam papagaios de papel. Santos Dumont pediu que eles segurassem a corda guia e que corresse contra o vento. Com isso, conseguiu atenuar a queda.

A causa do acidente foi por um lado, a falha da válvula para manter a pressão interna e, por outro lado, o formato alongado do invólucro. Santos Dumont analisou a causa, identificando o problema da válvula, e construiu o *N-2* mantendo basicamente a mesma forma. “Antes de subir, eu havia minuciosamente ensaiado as válvulas, trabalho a que dedico atento cuidado sempre que tenho de voar.” (DUMONT, 1973. P 132).

Minhas válvulas têm sido, desde a primeira experiência, de todos os tipos: algumas muito engenhosas e de ação recíproca; outras, extremamente simples... Fácil é, pois, compreender que, se as válvulas recusam a funcionar bem, o perigo de arrebentamento existe (DUMONT, 1973. p-133).

O *N-2* com 26,5 m de comprimento e um diâmetro de 3,5 m e um volume de 200 m<sup>3</sup>, ainda era bastante alongado. “Eu havia notado a insuficiência da bomba de ar, que quase me fora fatal, e acrescentara um pequeno ventilador de alumínio para assegurar ao balão a conservação de sua forma”. (DUMONT, 1973. p 138)

No dia 11 de maio de 1899 o *N-2* foi cheio de gás no Jardim da Aclimação num dia chuvoso. O invólucro ficou molhado e muito pesado. Ainda assim, Santos Dumont decidiu voar:

Mal, porém, me elevei, o mau tempo determinou uma grande contração do gás. E antes que a bomba de ar acudisse ao inconveniente, dobrado pelo forte golpe de vento e pior do que acontecera no *N-1*, minha aeronave foi-se atirar sobre as árvores próximas (DUMONT, 1973. p 139).

Os acidentes foram fonte essencial para o desenvolvimento dos futuros projetos. Após cada acidente, Santos Dumont fazia uma análise das causas e buscava uma nova solução.

Após o acidente com o *N-2*, ele concluiu que o invólucro muito alongado não era apropriado, pois seria difícil manter a rigidez durante o voo. Ainda em 1899, construiu o *N-3*, um dirigível de 20 m de comprimento com um diâmetro máximo de 7,5

m e um volume de 500 m<sup>3</sup>. Usou gás de iluminação por ser mais seguro e mais barato, embora com menor poder ascensional. Com o *N-3* realizou voos quase diários em Paris. Após o sucesso do *N-3* Santos Dumont investiu no desenvolvimento de seu conceito de dirigível: um aparelho simples, sem estrutura interna e seguro. Antes de avançar, construiu um hangar para abrigar as suas aeronaves em condições seguras.

O interesse pelo voo contagiou a imaginação do final do século XIX. O uso de motores a explosão na aeronáutica chamou a atenção dos empresários do petróleo e Henri Deutsh de La Meurthe instituiu um prêmio de 100.000 francos para aquele que saindo de Saint Cloud realizasse um voo de ida e volta até a torre Eiffel, símbolo da modernidade industrial, em menos de 30 minutos. Um voo de 11 km, ora com vento a favor, ora com vento contra.

Para poder concorrer ao prêmio, embora fosse o único a conseguir navegar pelo ar, Santos Dumont teve que aumentar a potência do motor, o que implicava num aumento do volume. O *N-4* de 1900 tinha 29 m de comprimento e um diâmetro de 5,1 m, com um volume de 420 m<sup>3</sup>. Após várias experiências, Santos Dumont abandonou o *N-4* e construiu o *N-5*, introduzindo algumas inovações. Usou o lastro líquido. Passou a utilizar “cordas de piano” de 0,8 mm de diâmetro em substituição das cordas e cabos utilizados até então. “De fato, constatou-se que as cordas de suspensão opõem ao ar quase tanta resistência quanto o próprio balão”. (DUMONT, 1973. p 151)

O *N-5* aparece no início de 1901. Um dirigível mais robusto que o anterior. Em julho realiza vários voos de teste. Tem problemas no ar. Mas sentiu-se seguro para se inscrever no prêmio Deutsch de La Meurthe, o maior desafio da época. Tentou sem sucesso no dia 13 de julho. “A aeronave entrou a declinar e foi-se arriar sobre o mais alto castanheiro do parque do Sr. Edmond de Rothschild”. (DUMONT, 1973. p 162).

Em 8 de agosto de 1901 tenta novamente, mas logo que decolou ele verificou que uma das válvulas automáticas estava com a mola fraca e o balão perdia hidrogênio. Ainda assim, continuou o voo. Em pouco tempo o *N-5* estava caindo no hotel Trocadero. O balão explodiu. Após o acidente, ele analisou as causas e concluiu que o verniz do balão interno não havia secado convenientemente. “Eis o que se ganha com as pressas excessivas!” (DUMONT, 1973. p 168). Imediatamente iniciou a construção de um novo dirigível.

Em 22 dias o *N-6* estava pronto e logo Santos Dumont começou a fazer ensaios de voo para testar a segurança da aeronave. Sua maior preocupação estava nas válvulas que garantiam a rigidez do invólucro. Mudou o balonete interior para ter maior segurança. Sofreu alguns acidentes menores. “Encarei sempre com muita filosofia os acidentes deste gênero: vejo neles uma espécie de garantia contra outros mais terríveis”. (DUMONT, 1973. p 177)

No dia 19 de outubro de 1901, com as condições atmosféricas desfavoráveis e com vento sueste sobrando com a velocidade de 6 m/s (21km/h) na altitude da torre Eiffel, Santos Dumont partiu de Saint Cloud. Em 9 minutos chegou à torre. Viajou a uma velocidade média de 36 km/h. Elevou o *N-6* a uma altitude de 10 m acima do topo do monumento. Passou a uns 50 m dos para-raios do monumento. “Receei sempre, como o mais grave de todos os perigos, contornar a torre Eiffel”. (DUMONT, 1973. p 171)

Após contornar o monumento, com vento contrário, o motor ameaçou parar e ele teve que abandonar o controle do leme para repará-lo. Momento crítico, Santos Dumont conseguiu retomar o controle da aeronave. A volta foi dramática, voando contra o vento, com o motor falhando e lutando contra o tempo, o *N-6* começou a perder altura. Avançou com dificuldade com uma velocidade média de 14 km/h, e cruzou a linha de chegada em 29 minutos e trinta segundos. Levou mais um minuto para parar. E surgiu a dúvida. A comissão julgadora iria decidir se ele havia ganhado o prêmio Deutsch, no valor de cento e vinte e cinco mil francos. (100.000 francos + juros).

Não fazendo empenho em ficar com esse dinheiro, repartiu-o em duas partes desiguais, a maior das quais, setenta e cinco mil francos, ofereci ao prefeito de Polícia para os pobres de Paris: o resto distribui pelo meu pessoal, que me ajudava desde tanto tempo e a cujo devotamento eu me sentia feliz de prestar essa homenagem (DUMONT, 1973. p 184).

Em sessão do Aero clube da França em 4 de novembro ficou oficialmente decidida a concessão a Santos Dumont do prêmio Deutsch de La Meurthe.

Estava se iniciando a Era da Navegação Aérea, que mudaria o século XX.

Reconhecido mundialmente, viajou à Inglaterra e em janeiro foi para Mônaco a convite do Príncipe Alberto I para realizar experimentos com o *N-6* sobre o Mediterrâneo. Preocupado com a segurança, orientou a construção de um hangar de 55 m de comprimento, por 10 de largura e 15 de altura, localizado no bulevar de La Condamine à beira mar. Queria testar o comportamento do cabo guia no mar.

Realiza alguns voos bem-sucedidos, mostrando que o cabo-pendente é uma boa solução para estabilizar a altitude do voo baixo sobre o mar, até que em 14 de fevereiro o voo começa mal.

Apenas se alçara ao espaço, começou a se comportar mal, mergulhando pesadamente. Não estava senão imperfeitamente cheio, ao sair da garagem. Para conservar a altitude propícia, acentuei a diagonal de subida e deixei o propulsor continuar sua arrancada ascendente (DUMONT, 1973. p 218).

Cai na água.

A partir desse acidente, Santos Dumont passa a verificar certos pontos capitais. Passa a adotar o *check list*.

O balão está perfeitamente cheio? Há alguma possibilidade de escape do gás? O motor marcha convenientemente? A maquinaria está em bom estado? As cordas do comando do leme, do motor, do lastro de água, dos pesos deslocáveis funcionam livremente? O lastro foi exatamente pesado? (DUMONT, 1973, p 220).

Já em 1902, Santos Dumont tinha três novos dirigíveis construídos para responder às dúvidas levantadas pelos seus críticos. O *N-6* não pôde ser recuperado, mas seus voos despertaram tamanho interesse que logo diversos outros inventores avançaram. Mas surgiam perguntas: para que serve um dirigível tão pequeno? É um aparelho frágil e perigoso? Qual o seu interesse comercial?

Num ano de enorme produção o inventor apresentou:

- *N-7* - Um dirigível de corrida para ser apresentado na feira de Saint Louis em 1904. Esperava atingir 70 km/h. O aparelho, entretanto, foi criminosamente destruído nos Estados Unidos. (Comprimento - 49 m; diâmetro - 7 m; cubagem - 1.257 m<sup>3</sup>)
- *N-8* - Semelhante ao *N-6*, foi vendido ao mister Boyce, vice-presidente do Aero clube dos Estados Unidos e realizou um único voo próximo a Nova Iorque. (Comprimento - 33 m; diâmetro - 6 m; cubagem - 622 m<sup>3</sup>)
- *N-9 Balladeuse* - Um pequeno dirigível para uma só pessoa. Com ele Santos Dumont realizou inúmeros voos demonstrando que o seu invento era prático e seguro. (Comprimento - 12 m; diâmetro - 5,5 m; cubagem - 220 m<sup>3</sup>)
- *N-10 L'Omnibus*. Para transportar até 20 passageiros. Fez poucas ascensões, nenhuma com os passageiros. (Comprimento - 48 m; diâmetro - 8,5 m; cubagem - 2010 m<sup>3</sup>)

Em 1904 começam a chegar notícias na França de que Wilbur (1867-1912) e Orville (1871-1948) Wright haviam realizado um voo com um aparelho mais pesado que o ar. Os dois americanos não apresentaram qualquer descrição do aparelho e a única informação disponível era um curto telegrama datado de 17 de dezembro de 1903:

Sucesso em quatro voos quinta-feira# Todos contra o vento de 21 milhas (37,8km/h) iniciados no nível do chão com potência do motor somente# velocidade média através do ar de 31 milhas (49,9km/h) o maior 57 segundos. Informe imprensa local. Feliz Natal. (CROUCH, 1990).

Todos querem mais informações e os dois irmãos se recusam a mostrar o invento ou descrevê-lo. Começa a surgir a dúvida se eles de fato haviam realizado o voo. Os franceses ficam preocupados e, já em 1904, são instituídos dois prêmios: Prêmio Archdeacon, no valor de 3.000 francos para aquele que, por seus próprios meios, conseguisse voar mais de 25 m e o Prêmio Aero clube da França, no valor de 1.500 francos, para aquele que atingisse a marca de 100 metros. (VISIONI, 2016).

Já com a cabeça voltada para o mais pesado que o ar começa a estudar o helicóptero e o avião, e faz os projetos *N-11* e *N-12*. Chega a iniciar a construção de um helicóptero, mas abandona o projeto. Faz experimentos com modelos de pequenos planadores.

Ainda em 1902, Santos Dumont argumentava que seus dirigíveis eram, de fato, aparelhos mais pesados que o ar.

Em realidade, no dirigível, tal como, por exemplo, no meu *N-6*, ambos os princípios são usados (uso de materiais mais leves que o ar, como o hidrogênio, e materiais mais pesados). O balão, com a forma de um fuso, medindo 33 m de comprimento e 6 de diâmetro no meio, é mais pesado que o ar, pois não se levanta por si só quando a hélice está parada. Meu dirigível nada mais é que uma espécie de avião tubular, em cuja construção entra o hidrogênio sob pressão, que mantém tensa sua vasta superfície, com um mínimo peso de materiais. (DUMONT, 1902).

Ainda voltado ao mais leve que o ar, procurando aprimorá-los ao máximo, constrói, mas não chega a voar o *N-13*, misto de aparelho usando ar quente e hidrogênio. Já o *N-14*, um pequeno dirigível inicialmente para corrida e, posteriormente, um dirigível pessoal, faz vários voos demonstrativos em Trouville.

Dormi três anos e no mês de julho de 1906 apresentei-me no campo de Bagatelle com o meu primeiro aparelho... A questão do aeroplano estava havia já alguns anos na ordem do dia; eu, porém, nunca tomava parte nas discussões, porque sempre acreditei que o inventor deve trabalhar em silêncio; as opiniões estranhas nunca produzem nada de bom. (DUMONT, 1918).

O projeto do *14-bis* é uma continuação dos trabalhos de Santos Dumont. Estudou o que já havia sido feito em torno do avião e consolidou tudo num novo desenho. Santos Dumont estava preocupado em resolver a dirigibilidade no ar com o uso dos então novos motores a petróleo. Nunca voou em um planador, mas conhecia o que estava sendo feito nos voos planados. Todos conheciam os fantásticos avanços obtidos pelo alemão Otto Lilienthal (1848-1896) na década de 1890. E todos conheciam o fim dramático dos experimentos: em 8 de agosto de 1896, Otto, num dos seus dois mil saltos, tentou esticar o voo e estolou. Caiu e no dia seguinte morreu.

Os inventores ficaram chocados e passaram a temer o estol. Os irmãos americanos Orville e Wilbur Wright, quando começaram a construir e experimentar planadores em 1901, procuraram uma solução para o estol: colocaram uma superfície horizontal na frente do aparelho (*canard*).

Lutei, a princípio, com as maiores dificuldades para conseguir a completa obediência do aeroplano; neste meu primeiro aparelho coloquei o leme à frente, pois era crença geral, nessa época, a necessidade de assim fazer. A razão que se dava era que, colocado ele atrás, seria preciso forçar para baixo a popa do aparelho, a fim de que ele pudesse subir; não deixava de haver uma certa verdade nisso, mas as dificuldades de direção foram tão grandes que tivemos de abandonar essa disposição do leme. Era o mesmo que tentar arremessar uma flecha com a cauda para a frente (*pitch*). (DUMONT, 1918).

Para as asas Santos Dumont recorreu às células do australiano Lawrence Hargrave (1850-1910) que davam estabilidade (roll) e sustentação. Usou um forte diedro para garantir a estabilidade.

Assistiu os experimentos do planador rebocado de Voisin-Archedeacon no rio Sena, em 1905, para estimar a potência do motor.

Construiu um avião todo entelado para reduzir o atrito aerodinâmico.

Equilibrou o avião fazendo com que o centro de gravidade fosse próximo ao centro de pressão.

Experimentou o seu invento antes de se arriscar no voo propriamente dito, mas antes, mostrando segurança no que havia feito, inscreveu-se no dia 18 de julho para disputar os dois prêmios.

Em 23 de julho de 1906 Santos Dumont testou o *14-bis* ligando-o ao *N-14*. Com esse aparelho híbrido ele consegue realizar pequenos saltos e testa a estabilidade. Em 29 de julho prendeu a aeronave num cabo inclinado e testou a estabilidade. O avião suspenso deslizou 60 m sem auxílio do motor. Durante os meses de agosto e setembro realizou vários experimentos testando motor e conhecendo o comportamento do aparelho.

No dia 23 de outubro, no Campo de Bagatelle, Paris, voou cerca de 60 m diante de uma comissão do aeroclube e do público. Ganhou a Taça Archdeacon e provou que era possível um avião decolar por seus próprios, sem qualquer auxílio externo.

Menos de um mês depois, no dia 12 de novembro, realiza quatro tentativas para ganhar o prêmio do Aeroclube da França. Santos Dumont fez a:

[...] adição de dois lemes pequenos laterais, cuja ação, unida à do grande leme da frente, combate as oscilações (roll). Esses dois lemes suplementares são manobrados com o auxílio de cordas, que terminam cada uma por um aro no qual o aviador passa cada braço – sistema um pouco rudimentar, não? (VISONI, 2016).

Na quarta tentativa obteve êxito.

Coloca-se de novo o motor em funcionamento, e vê-se quase imediatamente o avião alçar voo. Santo Dumont está a 3 m do solo, talvez mesmo a 4, e ganha, com ondulações laterais pequenas, mas muito nítidas, o centro do gramado; seu voo é muito belo. Mas vários curiosos estão na frente da máquina, que avança a 40 km/h! Vendo-os, o aviador tem receio de causar um acidente e vira o leme um tanto bruscamente. Vê-se o leme grande se movimentar no ar, em seguida, o motor se cala, a hélice para e o aparelho toca a terra. (VISONI, 2016).

Percorreu 220 m no ar e realizou um voo de 21 s 2/5.

Consequentemente, Santos Dumont ganhou, ontem à tarde, os dois prêmios instituídos pela Comissão de Aviação do Aeroclube: o de 100 francos, destinado a quem cobrisse 60 m, e o de 1.500 francos, destinado a quem fizesse 100 m”. ‘*Estou contente*’, disse Santos Dumont, ‘*Estes 1.600 francos, eu os dou aos meus mecânicos!*’ (VISONI, 2016).

Os voos do *14-bis* são os primeiros recordes da aviação reconhecidos pela Fédération Aéronautique Internationale (FAI).

Mas Santos Dumont avançou buscando corrigir os erros conceituais de seu invento. Realizou outros voos com o *14-bis* até o dia 4 de abril de 1907, quando o avião entrou em oscilação e caiu. Deixou de lado e já tinha um novo invento, totalmente diferente, o *N-15*. Como escreveu Ferdinand Ferber (1862-1909), um dos importantes pioneiros da aviação: “Sob o ponto de vista da estabilidade, o senhor Santos Dumont fez uma volta completa, colocando o que estava atrás na frente e vice-versa. Isso é lógico, ele se conforma à natureza, e desta vez será estável no vento” (BARROS, 2006). Acidentou-se na tentativa de decolar. Sem sucesso, ele tentou o *N-16*, um híbrido balão-avião. Novamente sem sucesso. Novos acidentes. Passou a um desenvolvimento do *N-15*, o *N-17*, mas abandonou antes de testá-lo.

Após um jantar, aceitou o desafio: Monsieur Fernand Charron (1866-1928), campeão de ciclismo, pioneiro e construtor de automóveis, vencedor do circuito Marseille-Nice em 1898, apostava com ele e com o seu amigo Louis Blériot, que não seria possível atingir 100 km/h na água. Uma aposta tentadora: se ganhasse, ganharia 50.000 francos. Se perdesse pagaria somente 5.000 francos. Assim nasceu o *N-18*, um hidroplanador com motor e hélice aeronáutica. Com asa e lemes submersos e um motor de 100 cv e uma hélice tripá, o *N-18* tinha uma forma de charuto alongado com dois flutuadores laterais. Construiu o aparelho, testou-o no rio Sena rebocado por uma lancha sem acionar o motor. A experiência foi filmada e no filme podemos ver que o *N-18* se “levanta”, deslizando sobre a superfície.

E em menos de um mês Santos Dumont se apresenta com o *N-19*, o primeiro *Demoiselle*. Um avião minúsculo, o primeiro ultraleve da história. Procurando reduzir o peso ao máximo inventou o primeiro motor de cilindros opostos da história. Voa 200 m em 17 de novembro. Mas numa de suas experiências sofre um novo acidente. O *Demoiselle 19* é muito frágil. (BARROS, 2003)

E Santos Dumont vê o trabalho dos outros inventores: Gabriel Voisin (1880-1973) voa 60 m; Louis Blériot (1872-1936) ultrapassa 100 m; Henri Farman (1874-1958), em 26 de outubro, bate o recorde de distância voando 771 m; Robert Esnault-Pelterie (1881-1957) voa 600 m. Os Wright não só não se apresentam como haviam comunicado que não iriam fornecer as especificações do aparelho. Em 1908 a aviação começa a aparecer. Em 13 de janeiro, Farman realiza o primeiro voo de 1 km em circuito fechado e ganha o Grand Prix de l'Aviation de 50.000 francos. Em 4 de julho, Glenn Curtiss (1878-1930) ganhou o troféu Scientific American no valor de US\$ 2.000 ao voar 1.500 metros. (CHAMBE, 1958)

Somente em setembro de 1908 os Wrights se apresentam: Orville faz um voo com passageiro em um novo aparelho em Fort Myer. Cai. E Wilbur faz demonstrações em Le Mans. O novo avião, como os anteriores, depende da catapulta ou de vento forte para decolar. (CROUCH, 1990; COMBS, 1979)

Enquanto isso, Santos Dumont desenvolvia o seu novo *Demoiselle*. Em 9 de março de 1909, faz o primeiro voo com o *Demoiselle 20*. Em maio o *Demoiselle* está no 1º Salão Aeronáutico no Grand Palais, em Paris. Em 25 de julho de 1909, Blériot atravessa o Canal da Mancha e as atenções ficam voltadas para ele. Santos Dumont parabeniza o colega e este responde: “Não fiz mais do imitá-lo: você é o nosso líder” (BARROS, 2006).

Em 16 de setembro, Santos Dumont bate o recorde de velocidade em Saint Cyr. Em 17 de setembro, perde-se no ar e pouso no castelo Wideville do conde de Galard (NICOLAOU, 1997)

Em 1910, o plano detalhado do *Demoiselle* é publicado na revista *Popular Mechanics* (junho-julho) e Santos Dumont, seguindo orientação médica, vende o avião para Roland Garros que considerava o pequeno aparelho como “*un bijou admirable, de bambou léger et soie blanche... A pleine puissance, l'appareil bondissait au ciel, comme un pour-sangue*”. (GARROS, 1966). Mas Garros cai em Versailles, próximo a Paris, e o *Demoiselle* de Santos Dumont é dado como perdido.

### 3 CONCLUSÃO

Santos Dumont, em 1910, decide abandonar o campo de provas e se dedicar à divulgação do voo humano. Seu papel é essencial para o desenvolvimento da aviação.

Sua trajetória mostra que ele evoluiu realizando inúmeros voos, mas sempre preocupado com a segurança. Por isso, foi passo a passo, voo a voo, conhecendo as limitações de seus aparelhos e analisando cada um dos vários acidentes que sofreu. Todos os seus mais de vinte inventos foram projetados, construídos e testados por ele. Somente em 1903 que ele permitiu que outra pessoa pilotasse um de seus dirigíveis. Aida d'Acosta realizou um curto voo no *N-9* e tornou-se a primeira mulher a pilotar um dirigível.

Santos Dumont sabia que para ter segurança no voo era necessário conhecer em detalhe o projeto e saber analisar os limites do aparelho.

### AGRADECIMENTOS

A Rodrigo Moura Visoni por sugestões e revisão do texto.

### REFERÊNCIAS

- BATTISTON, R. Cosmic ray physics in space: from fundamental physics to applications. **Rend. Fis. Acc. Lincei**, v. 25, n. 1, p. 97–105, 2014.
- CHEN, S. S. et al. Relação entre a variação na componente H do campo geomagnético e o índice K local para as estações da Rede EMBRACE de Magnetômetros. In: XXIV Salão de Iniciação Científica da UFRGS. **Repositório digital (LUME)...** 2012.
- COOPER, N. G. **The Invisible Neutron Threat**. Disponível em: <[http://www.lanl.gov/science/NSS/issue1\\_2012/story4full.shtml](http://www.lanl.gov/science/NSS/issue1_2012/story4full.shtml)>. Acesso em: 23 jun. 2017.
- DACHEV, T. et al. Calibration results obtained with Liulin-4 type dosimeters. **Advances in Space Research**, v. 30, n. 4, p. 917–925, 2002.
- DACHEV, T. et al. Liulin-type spectrometry-dosimetry instruments. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 144, n. 1, p. 675–679, 2011.
- DENARDINI, C. M. et al. The South American K Index : Initial Steps from the Embrace Magnetometer Network. In: 13º International Congress of the Brazilian GEophysical Society. **Anais...**Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geofísica, 2013.
- DYER, C. S. U.; TRUSCOTT, P. R. Cosmic radiation effects on avionics. **Microprocessors and Microsystems**, v. 22, n. September 1998, p. 477–483, 1999.
- EMBRACE. Estudo e Monitoramento Brasileiro de Clima Espacial (EMBRACE). Disponível em: <<http://www2.inpe.br/climaespacial/portal/pt/>>. Acesso em: 27 abr. 2017.



- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Heliocentric Potential**. Disponível em: <[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/heliocentric/](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/heliocentric/)>. Acesso em: 27 abr. 2017.
- FACCIO, F. et al. Single event effects in static and dynamic registers in a 0.25  $\mu\text{m}$  CMOS technology. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 46, n. 6, p. 1434–1439, 1999.
- FEDERICO, C. A. et al. Neutron spectra measurements in the south Atlantic anomaly region. **Radiation Measurements**, v. 45, n. 10, p. 1526–1528, 2010.
- FEDERICO, C. A. **Dosimetria da radiação cósmica no interior de aeronaves no espaço aéreo brasileiro**. São Paulo, Brasil: Instituto Nacional de Energia Nuclear, 2011.
- FEDERICO, C. A. et al. Radiation measurements onboard aircraft in the south Atlantic region. **Radiation Measurements**, v. 82, p. 14–20, 2015.
- FORTES, M. A. B. et al. Ensaio de medição da Radiação Ionizante em Voo. In: 8º Simpósio de Segurança de Voo (SSV 2015), **Anais...** n. 8, p. 826–868, 2015.
- GETLEY, I. L. et al. Evaluation of new cosmic radiation monitors designed for aircrew exposure assessment. **Space Weather**, v. 8, n. 1, p. S01001, 2010.
- GONÇALEZ, O. L. et al. Qualification of electronic components with respect to the cosmic radiation tolerance for space application. In: 4th Workshop sobre os efeitos da radiação ionizante em componentes eletrônicos e fônicos de uso aeroespacial. **Anais...**São José dos Campos: 2012
- HEIDEL, D. F. et al. Single-event upsets and multiple-bit upsets on a 45 nm SOI SRAM. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, v. 56, n. 6, p. 3499–3504, 2009.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-1**, v. 1, p. 1–64, 2006.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-2**, v. 1, p. 1–32, 2008a.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC/TS 62396-3**, v. 1, p. 1–30, 2008b.
- MAURER, R. H. et al. Harsh Environments: Space Radiation Environment, Effects, and Mitigation. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, v. 28, n. 1, p. 17–29, 2008.
- MERTENS, C. J. et al. Aircraft radiation exposure during a high-energy solar energetic particle event in October 2003. **Space Weather**, v. 8, n. October, p. 1–9, 2009.
- PAZIANOTTO, M. T. et al. Determination of the cosmic-ray-induced neutron flux and ambient dose equivalent at flight altitude. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 630, n. 12022, p. 2–9, 2015.
- SATO, T. Analytical model for estimating the zenith angle dependence of terrestrial cosmic ray fluxes. **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p. 1–22, 2016.
- TAKADA, M. et al. Measuring cosmic-ray exposure in aircraft using real-time personal dosimeters. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 149, n. 2, p. 169–176, 2012.
- Google Maps. Localização entre São José dos Campos e Brasília. Disponível em <http://www.google.com.br/maps> Acessado em 27 de abril de 2015.

---

# Perigos Relacionados ao Transporte de Baterias de Metal e Íons de Lítio em Aeronaves de Passageiros e de Carga

Renato Crucello Passos<sup>1</sup>, Paulo Fabrício Macário<sup>2</sup>

1 Doutor em Engenharia Mecânica Aeroespacial pela UNESP/FEG desde 2009, servidor da Gerência Geral de Certificação de Produto Aeronáutico – GGCP/SAR/ANAC, desde 2002, tendo trabalhado como engenheiro especialista em sistemas mecânicos na certificação do ERJ-170/190, no controle e vigilância da aeronavegabilidade continuada das aeronaves em operação no Brasil, responsável pelas instruções de operação e manutenção das aeronaves Phenom 100/300 e Legacy 500/550, atualmente trabalhando junto ao grupo de aeronaves experimentais e leves esportivas e de aprovação de embalagens para o transporte de artigos perigosos pelo modal aéreo.

2 Graduado em Engenharia Mecânica pela UNESP, servidor da Gerência Geral de Certificação de Produto Aeronáutico – GGCP, desde 2008. Trabalhou até 2014 como coordenador de programas na certificação de partes e componentes aeronáuticos, motores convencionais e a reação e com a atividade de certificação de embalagens para o transporte de artigos perigosos. Hoje atua nas áreas de Inspeção e Auditoria de empresas, na aceitação de Aeronaves Leves Esportivas e na certificação de embalagens. Representa ainda a ANAC junto a ICAO e a SAE, no grupo de trabalho G27 - SAE Standards Development Committee - Lithium Battery Packaging Performance.

---

**RESUMO:** Frente aos inúmeros incidentes ocorridos nos últimos anos relacionados ao transporte aéreo de baterias de lítio, as Autoridades de Aviação Civil, a Organização da Aviação Civil Internacional - OACI, juntamente com fabricantes de aeronaves, operadores aéreos, fabricantes de baterias, associação internacional de pilotos e Associação Internacional de Transporte Aéreo - IATA, têm se reunido em busca de uma solução na contenção dos riscos associados ao transporte de células/baterias de lítio na segurança de voo (ocorrência de explosão, emissão de eletrólitos, vapores superaquecidos, gases inflamáveis, fumaça tóxica, temperatura de queima elevada, entre outros.). Após diversos testes e análises sobre o comportamento dessas células/baterias verificou-se que ocorrência de um evento de falha com o sobreaquecimento (“*Thermal Runaway*”) das mesmas, em uma aeronave, segundo o critério de classificação de Risco descrito no Manual de Gerenciamento de Risco da ICAO, SMM, Doc 9859, é em termos de probabilidade/severidade, de frequência ocasional e consequência catastrófica, o que é inaceitável do ponto de vista da segurança da aviação. A falha simples de uma única célula/bateria, (item não relacionado ao projeto da aeronave e sua operação) pode desencadear eventos em série que têm alta chance de evoluir para um evento catastrófico, visto que todos os sistemas de supressão de fogo atualmente existentes nas aeronaves certificadas não são capazes de conter o fogo gerado por células/baterias de metais/íons de lítio em caso de superaquecimento ocasionado por defeitos de fabricação, mal funcionamento ou fogo externo envolvendo as mesmas. Não existe uma segunda linha de proteção, há apenas o sistema interno da própria célula/bateria. As embalagens padrão ONU atualmente empregadas e especificadas para o transporte deste tipo de material são ineficientes na contenção do risco em caso de fogo, geração de gases tóxicos e atmosfera explosiva (quando confinadas), que são eventos decorrente da sua falha. Fato este, que levou em 2015, ao banimento/proibição do transporte de células e baterias de metal de lítio e em 2016 a proibição se estendeu para as de íons de lítio quando transportadas isoladamente (não instaladas em equipamentos) em aeronaves de passageiro. Este artigo visa apresentar os principais riscos conhecidos associados ao transporte de células/baterias de lítio, assim como alguns dos estudos que têm sido realizados para mitigação dos riscos em vários níveis pela combinação de barreiras de proteção, que envolvem ações mitigatórias: no sistema de supressão de fogo da aeronave, no projeto das baterias e nas embalagens, para que seja possível estabelecer um nível aceitável de segurança no transporte de células/baterias de lítio.

**Palavras Chave:** Célula. Bateria. Lítio. Estado de Carga. Fogo. Sobreaquecimento. Fuga Térmica. Risco.

## Dangers Related to the Transport of Metal and Lithium Ion Batteries in Passenger and Cargo Aircraft

**ABSTRACT:** In view of the numerous incidents in recent years related to air transport of lithium batteries, the Civil Aviation Authorities, the International Civil Aviation Organization (ICAO), together with aircraft manufacturers, air operators, battery manufacturers, International Air Transport Association (IATA) have been meeting in search of a solution to contain the risks associated with the transport of lithium cells / batteries in flight safety (occurrence of explosion, emission of electrolytes, superheated vapours, flammable gases, toxic smoke, high burning temperature, etc.). After several tests and analyses on the behaviour of these cells / batteries it was verified that a thermal runaway event occurred in an aircraft and, according to the risk classification criteria described in the ICAO Doc 9859 Safety Management Manual (SMM), in terms of probability / severity, it is of occasional frequency and catastrophic consequence, which is unacceptable from the point of view of aviation safety. The simple failure of a single battery cell (item unrelated to aircraft design and operation) can trigger serial events that have a high chance of evolving into a catastrophic event, as all fire suppression systems on board of currently certified aircraft are not capable of containing fire generated by cells / batteries of metals / lithium ions in case of overheating caused by manufacturing defects, malfunctions or external fire involving them. There is no second line of protection, there is only the internal system of the cell

itself. The UN standard package currently used and specified for the transport of this material is ineffective in containing the risk in case of fire, generation of toxic gases and explosive atmosphere (when confined), which are events resulting of this failure. This fact led in 2015 to ban / forbid the transport of lithium metal cells and batteries and in 2016 the ban extended to lithium-ion batteries when transported alone (not installed in equipment) in passenger aircraft. Thus, this article aims to present the main known risks associated with the transportation of lithium cells, as well as some of the studies that have been carried out to mitigate risks at several levels by combining protection barriers, involving mitigation actions: in the system the design of the batteries and the packaging so that an acceptable level of safety can be established in the transport of lithium cells / batteries.

**Key words:** Batteries. Metals or Lithium Ions. Air Transport of Dangerous Goods. Flight Safety.

**Citação:** Passos, RC, Macário, PF. (2017) Perigos Relacionados ao Transporte de Baterias de Metal e Íons de Lítio em Aeronaves de Passageiros e de Carga. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 8, No. 2, pp. 149-160.

## DEFINIÇÕES

**Célula:** Uma única unidade eletroquímica contida em um envolto, com um eletrodo positivo e um eletrodo negativo que apresenta um diferencial de tensão nos seus dois terminais e pode conter dispositivos de proteção.

**Bateria:** Duas ou mais células ou baterias que estão ligadas eletricamente em conjunto e equipadas com dispositivos necessários para utilização, por exemplo: envolto, terminais, marcação e dispositivos de proteção.

**Estado de Carga (*State of Charge - SOC*):** Estado de Carga de uma célula ou bateria é a percentagem da sua capacidade total de energia que ainda está disponível para descarregamento.

**Fuga Térmica (*Thermal Runaway*):** Aumento incontrolável da temperatura de uma célula ou bateria movida por processos exotérmicos (SAE J2464, 2009). A evidência de uma fuga térmica pode incluir um aumento rápido da temperatura, uma queda na tensão, liberação de vapor ou líquido, ruptura ou desmontagem da pilha, presença de fogo/chama.

## 1 INTRODUÇÃO

Motivado pelo crescente número de incidentes aéreos envolvendo baterias de lítio em aviões de carga e passageiros e o aumento significativo do volume transportado deste tipo de produto ao longo dos últimos anos devido à alta demanda mundial por este tipo de energia, as Autoridades de Aviação Civil, a Organização da Aviação Civil Internacional - OACI, juntamente com os fabricantes de aeronaves, os operadores aéreos, os fabricantes de baterias, a associação internacional de pilotos e a Associação Internacional de Transporte Aéreo – IATA se uniram através de grupos de trabalhos para elaborar estudos e desenvolver mecanismos a fim de identificar e reduzir o risco associado ao transporte aéreo de baterias de lítio.

Após alguns estudos e testes, observou-se uma enorme fragilidade no sistema de transporte atual. Foi constatado que as regras que disciplinam o transporte de artigos perigosos (ICAO, Doc 9284/AN905) não endereçavam de forma efetiva o real perigo relacionados a estes artigos. Por exemplo, havia a indicação ao piloto de um código ERG (Emergency Response Guidance) (ICAO, Doc 9481/AN928) totalmente inefetivo em caso de fogo envolvendo baterias de lítio. A regulamentação também negligenciava os requisitos de embalagem, identificação e acondicionamento de células/baterias de lítio com menos de 20 e 100 Wh (Watt-hour) respectivamente, onde não havia necessidade de utilizar uma embalagem padrão ONU, apresentar declaração de expedição de artigos perigosos e colar as etiquetas de risco de classe, ou seja, uma vez embarcado a tripulação não saberia identificar a existência deste tipo de células/baterias a bordo.

Um outro fator identificado foi a ineficiência da capacidade de supressão e extinção de fogo nos diversos tipos de compartimentos de cargas existentes nas aeronaves certificadas. Todos os testes executados durante as certificações levaram em conta as chamas geradas a partir de materiais a base de carbono ou materiais comumente encontrados nas bagagens (combustíveis, papeis, roupas, tecidos, etc.), não foi considerado o fogo gerado a partir da queima de substâncias metálicas.

Devido a este fato, vários testes foram realizados com inúmeros tipo de baterias e células isoladas, confinadas ou simulando a condição de transporte para verificar os efeitos das possíveis falhas e suas consequências. Após estes testes foi possível classificar a severidade do evento de falha de bateria com sobreaquecimento (Thermal Runaway) em uma aeronave, através da metodologia definida pelo manual da ICAO de Gerenciamento de Risco (ICAO, Doc 9859AN/474).

A seguir, nas figuras 1, 2, 3 e 4, é mostrado o extrato da metodologia usada para classificação da probabilidade e severidade com base no modelo descrito neste Manual.

<i>Likelihood</i>	<i>Meaning</i>	<i>Value</i>
Frequent	Likely to occur many times (has occurred frequently)	5
Occasional	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	4
Remote	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	3
Improbable	Very unlikely to occur (not known to have occurred)	2
Extremely improbable	Almost inconceivable that the event will occur	1

**Figura 1:** Tabela de Probabilidade de Risco à Segurança.

Severity	Meaning	Value
Catastrophic	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Equipment destroyed</li> <li>— Multiple deaths</li> </ul>	A
Hazardous	<ul style="list-style-type: none"> <li>— A large reduction in safety margins, physical distress or a workload such that the operators cannot be relied upon to perform their tasks accurately or completely</li> <li>— Serious injury</li> <li>— Major equipment damage</li> </ul>	B
Major	<ul style="list-style-type: none"> <li>— A significant reduction in safety margins, a reduction in the ability of the operators to cope with adverse operating conditions as a result of an increase in workload or as a result of conditions impairing their efficiency</li> <li>— Serious incident</li> <li>— Injury to persons</li> </ul>	C
Minor	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Nuisance</li> <li>— Operating limitations</li> <li>— Use of emergency procedures</li> <li>— Minor incident</li> </ul>	D
Negligible	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Few consequences</li> </ul>	E

Figura 2: Tabela de Severidade do Risco à Segurança.

Risk probability	Risk severity				
	Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent 5	<b>5A</b>	<b>5B</b>	<b>5C</b>	<b>5D</b>	<b>5E</b>
Occasional 4	<b>4A</b>	<b>4B</b>	<b>4C</b>	<b>4D</b>	<b>4E</b>
Remote 3	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>3C</b>	<b>3D</b>	<b>3E</b>
Improbable 2	<b>2A</b>	<b>2B</b>	<b>2C</b>	<b>2D</b>	<b>2E</b>
Extremely improbable 1	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>1C</b>	<b>1D</b>	<b>1E</b>

Figura 3: Matriz de Avaliação de Risco à Segurança.

Tolerability description	Assessed risk index	Suggested criteria
Intolerable region	<b>5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A</b>	Unacceptable under the existing circumstances
Tolerable region	<b>5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A</b>	Acceptable based on risk mitigation. It may require management decision.
Acceptable region	<b>3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E</b>	Acceptable

Figura 4: Matriz de Tolerância ao Risco à Segurança.

Concluiu-se através da aplicação desta metodologia, que os eventos de fogo relacionados ao transporte de baterias lítio tem uma classificação de frequência ocasional e severidade catastrófica (Classificação 4A), visto que a falha simples de uma única

bateria/célula em meio a um carregamento de células/baterias tem potencial para desencadear eventos em série com elevada chance de evoluir para um evento catastrófico, o que não é aceitável em termos de gerenciamento de risco para a aviação regular.

Uma das bases para se obter a classificação de risco 4A foi o estudo do Federal Aviation Administration - FAA (Office of Security and Hazardous Materials Safety”, 2016), que utilizou-se dos dados disponibilizados pelas companhias aéreas de transporte de carga e de passageiros de eventos abordo envolvendo fumaça, fogo, calor extremo ou explosão de baterias de Metal e Íons de Lítio, onde foram listados em torno de 138 registros de ocorrências envolvendo estas baterias quando transportadas como carga ou bagagem no período de 20 de março de 1991 à 22 de dezembro de 2016. Esta lista não inclui os três principais acidentes com aeronaves aonde carregamentos de baterias de lítio estavam diretamente implicadas no resultado final, mas que não se provou ser a fonte originária do incêndio, que são: Asiana Airlines 747 perto da Coreia do Sul em 28 de julho de 2011; UPS 747 em Dubai, Emirados Árabes Unidos em 3 de setembro de 2010 e UPS DC-8 na Filadélfia, PA em 7 de fevereiro de 2006.

Considerando que os eventos que comprometem a segurança de voo, inerentes as baterias de lítio, não foram previstos diretamente nos projetos ou nos procedimentos para a operação das aeronaves, resolveu-se buscar formas de mitigação dos riscos envolvendo três frentes de atuação, que são: (1) redução dos riscos de falhas das células/baterias através de melhorias nos seus projetos, redução do SOC no transporte e implementação de mecanismos de segurança internos nas células/baterias; (2) desenvolvimento de norma para requisitos de performance para embalagem destinadas ao transporte das células/ baterias de lítio (SAE AS6413,2016); e (3) desenvolvimento de mecanismos de auxílio ao sistema de detecção e supressão de fogo dos compartimentos de carga das aeronaves.

Com isso, pretende-se adicionar barreiras de proteção efetivas para que o risco seja reduzido a um nível tolerável/aceitável.

## 2 BATERIAS DE LÍTIO

O Lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, tem o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso. Baterias recarregáveis que usam anodos de metal de lítio (eletrodos negativos) combinam duas importantes características que são a alta tensão e excelente capacidade de armazenamento por volume, resultando em alta densidade de energia. Vários tipos de materiais têm sido desenvolvidos de forma a melhorar a performance em termos de energia específica, ciclo de vida e segurança das baterias de lítio. O maior desafio tem sido em aliar a alta potência elétrica em pequenos volumes com condições extremas de uso sem que haja comprometimento da segurança. Nesse sentido, a estabilidade térmica é um ponto chave na segurança das células/baterias, pois diversas reações exotérmicas podem ocorrer dentro da célula/bateria quando sua temperatura aumenta muito rapidamente, razão pela qual a implementação de múltiplos mecanismos eficientes de dissipação de calor é tão importante na segurança e confiabilidade das mesmas. Quando uma bateria de íons de lítio está totalmente carregada, o eletrodo positivo (anodo) possui um forte poder de oxidação devido a formação de um óxido de transição metálico de lítio (por ex.  $\text{LiMO}_2$ ,  $M = \text{Ni, Co, Mn}$ ), enquanto o eletrodo negativo (catodo) contém carbono litiado (carbolitiação), um material redutor muito forte. O eletrólito não aquoso habitualmente constituído por um solvente de carbonato orgânico e um sal de lítio tende a ser facilmente oxidado e reduzido. Deste modo, a própria célula é termodinamicamente instável e a compatibilidade da célula é obtida com a presença de películas de passivação na superfície do eletrodo (Binotto, 2011). Portanto, as baterias de íons de lítio são muito sensíveis ao abuso elétrico e representam riscos de incêndio significativos e possível explosão.

Essa sensibilidade a variância térmica é prevista em projeto e é verificada através de testes como estabilidade térmica, penetração/perfuração por prego, sobrecarga, curto-circuito e experimentos TGA (*Thermogravimetric Analysis*), DSC (*Differential Scanning Calorimeter*) e ARC (*Accelerating Rated Calorimeter*). A figura 5 abaixo ilustra o mecanismo de carga e descarga dessas células/baterias e a figura 6 a energia específica por densidade.

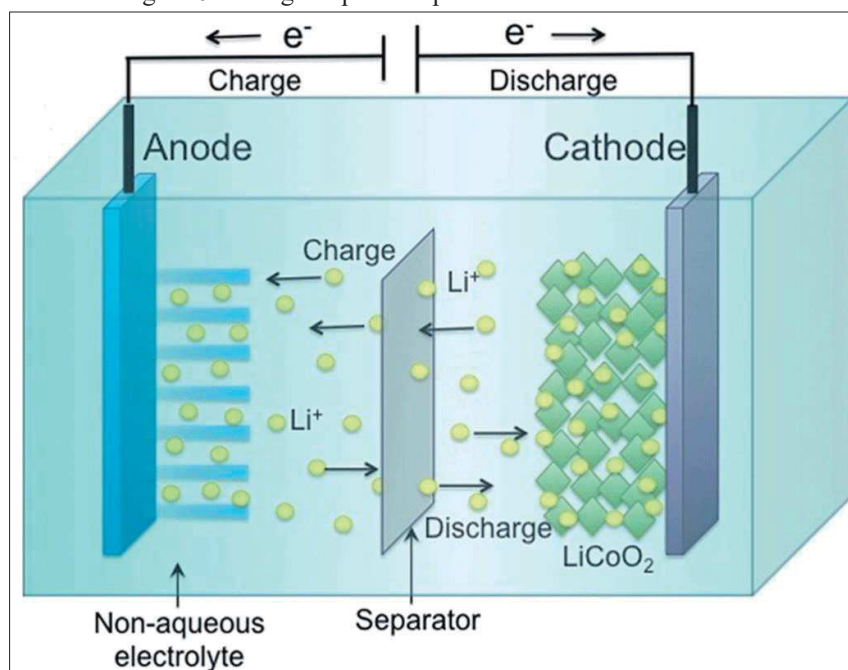
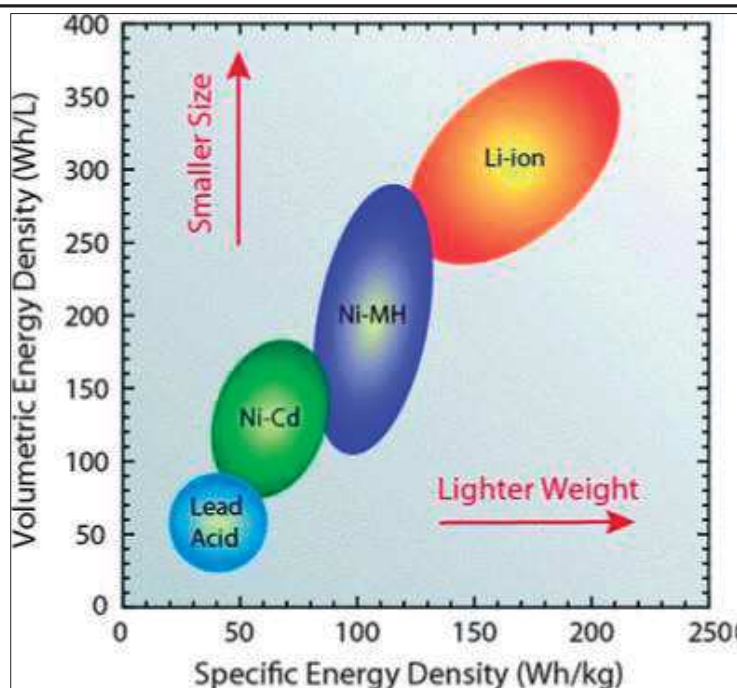


Figura 5: Mecanismo de Carga e Descarga de Célula de Íons de Lítio.



**Figura 6:** Representação Gráfica dos Diferentes Tipos de Bateria Quanto a Densidade de Energia por Peso e por Volume.

Testes desenvolvidos pelo FAA evidenciaram que a temperatura máxima que atinge uma bateria em processo de fuga térmica (Thermal Runaway) varia de acordo com sua composição. Por exemplo, uma bateria com composição  $\text{LiFePO}_4$  chegou a uma temperatura de  $357^\circ\text{C}$ ; uma bateria com composição  $\text{LiNiMnCoO}_2$  chegou a uma temperatura de  $563^\circ\text{C}$ ; e uma bateria com composição  $\text{LiMnNi}$  chegou a uma temperatura de  $757^\circ\text{C}$ .

Algumas baterias de íon lítio quando entram em *Thermal Runaway* podem ter como consequência apenas uma combustão, outras podem iniciar com chamas e posteriormente explodir, outras podem explodir imediatamente sem que ocorra chamas (explosão seca). Ou seja, os testes evidenciam que não há um padrão exato para as consequências deste evento. As figuras 7 e 8 abaixo apresentam exemplos de baterias típicas de metal e íons de lítio.



**Figura 7:** Exemplos de Baterias de Metal de Lítio.



**Figura 8:** Exemplos de Baterias de Íons de Lítio.

### 3 MECANISMOS DE INICIAÇÃO

Face o perigo atual decorrente do transporte de baterias de Lítio, é importante o conhecimento dos principais mecanismos de iniciação que podem levar ao superaquecimento das células/baterias de lítio, para assim desenvolver barreiras de contenção e/ou mitigatórias. Sendo assim, pode-se citar como principais mecanismos: (1) superaquecimento decorrente de defeitos de fabricação, (2) mal funcionamento, (3) uso inadequado (sobrecarga/descarga rápida), (4) curto-circuito ou (5) fogo externo envolvendo as baterias.

Os componentes utilizados numa célula/bateria de íons de lítio são completamente estáveis até 80 °C. A partir de temperaturas mais elevadas, a camada de passivação denominada SEI (Interface Sólido-Eletrólito: uma fina camada não reativa de compostos de carbonatos, que isola a superfície dos eletrodos negativos de grafite), inicia uma dissolução progressiva no eletrólito, tornando-se significativa à 120-130 °C. Devido a este mecanismo, o eletrólito reage adicionalmente com a superfície menos protegida de grafite, gerando calor. Quando a temperatura atinge valores superiores a 200 °C é iniciando o processo de *Thermal Runaway*, com a reação do anodo de lítio com o catodo (Binotto, 2011). Este processo é exotérmico e não-controlável, gerando uma grande quantidade de energia (Hewson, 2015).

Abaixo, na figura 7, temos a estabilidade térmica dos componentes usados na bateria de íons de lítio (Recharge aisbl, 2013).

Temp (°C)	Reaction identified	Energy (J/g)	Comment
120-130	Passivation layer	200-350	Passive layer breaks Solubilisation starts below 100°C
130-140	PE separator melts	-90	Endothermic
160-170	PP separator melts	-190	Endothermic
200	Solvents-LiPF <sub>6</sub>	300	Slow kinetic
240-250	LiC <sub>6</sub> + binder	300-500	
240-250	LiC <sub>6</sub> + electrolyte	1000-1500	
200-230	Positive material decomposition	1000	O <sub>2</sub> emission reacts with solvents

Figura 7: Estabilidade Térmica dos Componentes Usados na Bateria de Íons de Lítio.

Desta forma, o fenômeno de Thermal Runaway é fortemente dependente do tipo e natureza dos materiais usados na confecção da bateria como: materiais e tipos dos eletrodos, da natureza do material usado como eletrólito (sal, solvente, aditivos, etc.), do estado atual da carga contida na célula bateria e da origem do aumento da temperatura, que pode ser relacionada a processo de carga ou descarga rápida da bateria, sobrecarga (overcharge), curto circuito interno ou externo, fogo/aquecimento externo (Wang, 2012).

### 4 PRINCIPAIS RISCOS ASSOCIADOS AO TRANSPORTE DE BATERIAS DE LÍTIO

A seguir, são apresentados os principais riscos advindos do transporte de baterias de lítio, sendo que estes, geralmente se apresentam de forma combinada o que leva a necessidade de tratamento do evento de forma mais abrangente a fim de incluir barreiras de mitigação para cada um dos riscos envolvidos. Dentre os principais riscos podemos citar:

- **Penetração de fumaça na cabine:** é quando, em decorrência de fogo não controlado no compartimento de bagagem/carga, o sistema de ventilação e remoção de ar do compartimento não é suficiente para evitar que a cabine seja invadida por fumaça, podendo levar à intoxicação e perda de visibilidade dos instrumentos de voo. A figura 8, ilustra a quantidade de gás produzido durante um evento de “Thermal Runaway”, para células de em três estados de carga (SOC) diferentes. Para comparação, o volume relatado refere-se à pressão e temperatura padrão (26,6 °C, pressão atmosférica padrão).

State of Charge	Vented Gas Volume	Volume per Wh
50%	0.8 L / 0.2 Gal	0.10 L/Wh
100%	2.5 L / 0.7 Gal	0.33 L/Wh
150%	6.0 L / 1.6 Gal	0.78 L/Wh

Figura 8: Tabela com os Volumes de Gás Produzido por uma Célula de Volume de 0,014 L de 7,7 Wh à Pressão e Temperatura Padrão (Ponchaut, 2015).

- **Explosão:** Formação de atmosfera inflamável devido a quantidade de gases liberados provenientes do processo de superaquecimento das baterias de lítio aliado a presença de chamas e/ou fagulhas devido a presença de eletrólito superaquecido pode ocasionar na explosão do ambiente, podendo danificar a estrutura e sistemas das aeronaves levando a condições potencialmente inseguras e até perda da aeronave (descompressão explosiva);
- **Emissão de eletrólitos:** emissão de elementos com alto poder de calorífico, podendo causar fagulhas e chamas dos materiais próximos (cargas ou da própria aeronave);

- **Vapores superaquecidos:** é sabido que o processo de superaquecimento de baterias de lítio gera a formação de vapores superaquecidos o que podem atingir sistemas vitais da aeronave bem como contribuem para a propagação do fogo para outros itens transportados;
- **Gases inflamáveis:** emissão dos gases com alto potencial de inflamabilidade contribuindo para a propagação do fogo;
- **Fumaça tóxica:** é sabido que no processo de superaquecimento de baterias de lítio resultam, além de altíssimas temperaturas a emissão de fumaça tóxica. A tabela abaixo, resume a composição do gás para diferentes SOC. Com exceção do dióxido de carbono, todas as substâncias relatadas na figura 9 são inflamáveis. Além disso, o monóxido de carbono e alguns outros hidrocarbonetos não são apenas inflamáveis, mas também podem representar riscos significativos para a saúde.

Gas	50% SOC (%vol)	100% SOC (%vol)	150% SOC (%vol)	
Carbon Dioxide	32.3	30.0	20.9	
Carbon Monoxide	3.61	22.9	24.5	
Hydrogen	31.0	27.7	29.7	
Hydrocarbons	Methane	5.78	6.39	8.21
	Ethylene	5.57	2.19	10.8
	Ethane	2.75	1.16	1.32
	Propylene	8.16	4.52	0.013
	Propane	0.68	0.26	2.54
	Isobutane	0.41	0.20	0.13
	n-Butane	0.67	0.56	0.39
	Butenes	2.55	1.58	0.60
	Isopentane	0.45	0.07	0.036
	n-Pentane	1.94	0.73	0.30
	Hexanes +	4.94	2.32	8.21
	Benzene	0.14	0.11	0.33
	Toluene	0.061	0.018	0.052
	Ethyl-benzene	0.009	0.002	0.003

**Figura 9:** Tabela com a Composição de Gás Produzido por uma Célula de 0,014 L de 7,7 Wh a Pressão e Temperatura Padrão (Ponchaut, 2015).

- **Temperatura de queima elevada:** é sabido que no processo de superaquecimento de baterias de lítio podem resultar em altíssimas temperaturas (superiores a 900° C);
- **Consumo e vazamento do Halon:** atualmente os requisitos de segurança requerem para certificação de compartimentos de bagagem/carga um sistema de detecção e extinção/supressão de fogo. A maioria dos aviões de passageiros possuem compartimentos de carga classe C, que utilizam-se do gás Halon 1301 para supressão de fogo. Este sistema a base de Halon requer uma concentração mínima inicial de 5% de volume no compartimento de carga para efetivar a supressão das chamas e manutenção de uma concentração mínima de 3% durante o resto do voo para controle. No caso de incidentes de fogo envolvendo baterias de lítio, essa concentração de agente supressor previne a ignição dos eletrólitos e dos gases emitidos durante um evento envolvendo o superaquecimento de baterias de íons de lítio, porém não evita a propagação do calor e queima das mesmas quando internas, dentro de embalagens, que continuam a ocorrer. Desta forma, a temperatura interna no compartimento de carga continua a se elevar, e esta situação se torna crítica quando existe um carregamento considerável de baterias lítio no local. O aumento do volume dos gases, aumenta a taxa de escape/vazamento do gás Halon 1301, reduzindo sua efetividade e o tempo de proteção.

## 5 CLASSIFICAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS DE CARGA E TIPOS DE CONTROLE E SUPRESSÃO DE FOGO

Na tabela 1, são mostrados os diversos tipos e quais as principais características dos compartimentos de bagagem/carga em uso pela aviação comercial, bem como as exigências mínimas regulamentares (RBAC/FAR 25.855 e 25.857) de sistemas de detecção, extinção de fogo e supressão de fumaça que por requisito de certificação devem possuir.

Em relação ao tempo de detecção do fogo, é crucial uma resposta rápida em casos de evento envolvendo baterias de lítio devido a rápida taxa de evolução do fogo. Observa-se que os atuais detectores de fumaça (ópticos) e de fogo (fio quente) não são capazes de detectar o fogo em tempo hábil, afim de prevenir a propagação do efeito do superaquecimento entre baterias devido ao confinamento das baterias dentro das embalagens ou containers.



Quanto ao uso do Halon 1301 como agente de Supressão de Fogo, foi demonstrado que o agente de supressão é efetivo apenas na supressão de parte do fogo gerado pelos eletrólitos provenientes de células/baterias de íons de lítio assim como da queima dos materiais da embalagem e adjacentes, porém não é efetivo na prevenção de uma explosão ocasionada por gases típicos gerados por baterias de lítio em Thermal Runaway nas concentrações para a qual o sistema Halon 1301 foi certificado, que é a de manter uma concentração mínima de 3 a 5 % de agente de supressão no compartimento de carga. O gás hidrogênio, que é gerado no processo, requer uma concentração muito alta Halon 1301 para prevenir uma explosão. Dos testes realizados de uma mistura de gases provenientes de uma bateria de íons de lítio, foi requerido no mínimo 10% de concentração de Halon 1301 para suprimir a explosão.

Quanto ao controle de ventilação, principalmente nos compartimentos de carga classe E, que dependem exclusivamente da descompressão da cabine com a eliminação do oxigênio. Testes demonstraram efetividade marginal no controle do fogo gerado por baterias de íons de lítio. Os mesmos testes não se mostraram efetivos em caso de evento envolvendo baterias de metal de lítio.

Assim, conclui-se que os tipos de sistemas de supressão de fogo atualmente existentes nas aeronaves certificadas não são capazes de conter o fogo gerado por baterias ou células de metais/íons de lítio. Não existe uma segunda linha de proteção além do sistema interno da própria bateria. As embalagens padrão ONU atualmente empregadas e especificadas para o transporte destas baterias são ineficientes na contenção do risco em caso de fogo, geração de gases tóxicos e atmosfera explosiva (quando confinadas), que são eventos decorrente da sua falha. Fato este, que levou em 2015, ao banimento/proibição do transporte de baterias de metal de lítio e em 2016 a proibição se estendeu as baterias de íons de lítio em aeronaves de passageiro quando transportadas isoladamente (não instaladas em equipamentos).

Classe	Características do compartimento de carga
A	(1) A presença de um incêndio deve ser facilmente detectada pela tripulação; e (2) Cada parte do compartimento deve ser de fácil acesso quando em voo.
B	(1) deve ter acesso suficiente em voo para permitir que um tripulante, sem entrar no compartimento, seja capaz de extinguir o incêndio usando um extintor manual; (2) Quando em uso do acesso para extinção do fogo, nenhuma quantidade perigosa de fumaça, chamas ou agente extintor poderá entrar no compartimento ocupado pela tripulação ou passageiros; e (3) deve haver um detector de fumaça ou de fogo para dar aviso à tripulação sobre a ocorrência de fumaça ou fogo.
C	(1) deve haver um sistema de detecção de fumaça ou fogo para dar aviso a tripulação; (2) deve haver um sistema de extinção de incêndio ou supressão controlável a partir do cockpit; (3) devem existir meios para excluir as quantidades perigosas de fumaça, chamas ou agente extintor de qualquer compartimento ocupado pela tripulação ou passageiros; e (4) devem existir meios para controlar a ventilação dentro do compartimento de carga, de modo que o agente extintor utilizado possa controlar qualquer incêndio que possa começar dentro do compartimento.  Obs: Compartimento de bagagem e carga não tem acesso pela tripulação.
D	Não possui sistema de pressurização no compartimento de carga e nem acesso da tripulação.  Obs: Esta classificação foi abolida após acidente com um DC-9 da ValuJet em 1996.
E	(1) Deve haver um sistema de detecção de fumaça ou fogo para dar aviso a tripulação; (2) Devem existir meios para desligar o fluxo de ar de ventilação para, ou dentro do compartimento; (3) Devem existir meios para excluir do compartimento da tripulação de voo quantidades perigosas de fumaça, chamas ou gases nocivos; e (4) As saídas de emergência devem estar acessíveis sob qualquer condição de carregamento da aeronave.  Obs: Tem seu uso restrito somente a aeronaves cargueira e os compartimentos de carga classe E dependem exclusivamente da descompressão da cabine, com a eliminação do oxigênio como método para controlar o fogo.
F	(1) Deve haver um sistema de detecção de fumaça ou fogo para dar aviso a tripulação; (2) Devem existir meios para extinguir ou controlar um incêndio sem exigir que um tripulante entre no compartimento; e (3) Devem existir meios para excluir as quantidades perigosas de fumaça, chamas ou agente extintor de qualquer compartimento ocupado pela tripulação ou passageiros.

**Tabela 1.** Tabela com a Classificação dos Compartimentos de Bagagem e Cargas.

## 6 MOTIVAÇÃO

Com base em um levantamento feito pela PRBA (*Portable Rechargeable Battery Association*), que é uma associação inicialmente formada pelas 5 maiores fabricantes de baterias do mundo: Energizer, Panasonic, SAFT, SANYO e Varta, estimou que o transporte aéreo de baterias somente nos EUA em 2016 de metal e íons de lítio gira em torno 10.000.000 kg, distribuídas conforme tabela 2, dando a real dimensão que atualmente representa o transporte de baterias de lítio no transporte aéreo e

consumo desde tipo de componente no mundo moderno. No mesmo sentido, a tabela 3 mostra o número total de volume de baterias de íons de lítio transportados no Brasil, ano de 2015, no período de janeiro a agosto. Estes números reforçam ainda mais a preocupação e a necessidade de buscar meios de mitigar os possíveis impactos de eventos críticos envolvendo baterias de lítio. É possível ainda prever qual seria o impacto econômico que uma proibição definitiva no transporte destas baterias causaria se as ações mitigatórias de segurança em desenvolvimento não sejam suficientes para reduzir o risco de eventos relacionados ao transporte aéreo de baterias de lítio a um nível aceitável.

Tipo de Bateria	Importadas [kg]	Exportadas [kg]	Total [kg]
Metal de Lítio	1.293.895	706.137	2.000.032
Íons de Lítio	6.758.066	1.762.909	8.520.975
<b>Total</b>	<b>8.051.961</b>	<b>2.469.046</b>	<b>10.521.007</b>
<b>% do total de Commodities</b>	<b>0,19%</b>	<b>0,08%</b>	<b>0,14%</b>

Tabela – 2: Levantamento da Quantidade de Transporte de Baterias nos EUA em 2016.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	Total acumulado
Total de UN 3480 (aeronave de passageiro e cargueira)	14252	7052	8180	6780	14619	6721	7254	2164	67022
Total de UN 3480 em PAX (aeronave de passageiro)	541	676	716	613	391	233	518	72	3760
Total de artigos perigosos	164411	152935	155691	132268	129974	139015	139051	82873	1096218
UN 3480 em PAX por total de UN 3480	3,80%	9,59%	8,75%	9,04%	2,67%	3,47%	7,14%	3,33	5,61%
UN 3480 em PAX por total de artigo perigoso	0,33%	0,44%	0,46%	0,46%	0,30%	0,17%	0,37%	0,09	0,35%

Tabela 3: Relatório Consolidado de Transporte de Baterias de Íon Lítio (UN3480) Realizadas em 2015 até o Mês de Agosto no Brasil Considerando Voos Domésticos e Internacionais.

## 7 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

Foram consideradas quais ações mitigatórias poderiam ser adotadas no âmbito das baterias para a reduzir o risco no transporte. Desta forma, as seguintes considerações foram apresentadas:

**Composição química das baterias:** Certas composições químicas reagem com menor violência em caso de falha do que outras. Estudos indicam que o uso de compostos de óxidos de metais de transição litiados, como os à base de níquel (LiNiO<sub>2</sub>) e eletrólitos aquosos (mistura de solventes orgânicos apróticos e sais de lítio) se mostram mais instáveis termicamente e portanto mais perigosos do que outros a base de Cobalto (LiCoO<sub>2</sub>) ou Manganês (LiMnO<sub>2</sub>) e eletrólitos não aquosos (Binotto, 2011).

**Projeto das células/baterias:** Células/baterias podem conter em seus projetos dispositivos de segurança que minimizam os efeitos externos em caso de falhas, contendo grande parte dos produtos da reação internamente a célula/bateria, limitando a propagação dos efeitos em caso de falha para as adjacências. Podemos citar como exemplo de dispositivos de proteção: (1) controladores de corrente e tensão, (2) dispositivo de gerenciamento de temperatura e (3) redução do SOC. Estes dispositivos podem limitar consideravelmente o problema da emissão de gases explosivos, assim como reduzir os efeitos térmicos e os outros tipos perigos gerados pelo fogo em caso de superaquecimento da célula/bateria. No entanto, esse tipo de aplicação ainda encontra a barreira de viabilidade econômica para células/baterias de pequeno porte e baixo valor de mercado (a grande maioria dos casos).

**Nível energético (SOC):** Os resultados indicam que com o aumento do SOC, as baterias tendem a ter estabilidade térmica drasticamente reduzidas, favorecendo o início do processo de auto aquecimento (Binotto, 2011).

**Mitigações nos sistemas da aeronave (proteção):** a seguir são mostradas os dois grandes grupos nos quais é possível separar os tipos de barreiras nos quais esforços vem sendo empregadas a fim de mitigar o risco quanto do transporte de baterias de Lítio, são eles:

**Barreiras de proteção passivas:** incluem o uso de materiais não combustíveis ou auto extinguíveis, uso de separadores, isoladores, ventilação, aterramento, etc. Dentre estas destaca-se os containers de carga resistente a fogo e as capas de contenção de chamas/fogo, conforme abaixo descritas:

- Containers de carga resistente a fogo (SAE AS6278, 2013 e ISO 19281:2016(E), 2016): Estão sendo desenvolvido por algumas empresas e operadores containers que tem demonstrado efetividade contra fogo comum oriundo de materiais combustíveis, porém testes realizados com baterias de metal e íons de lítio resultaram em explosão do container devido a formação e acúmulo de gases inflamáveis. Ressalta-se ainda, que a utilização deste tipo de container dificulta a penetração do agente supressor de fogo Halon 1301 no caso de compartimento de carga classe C. A temperatura dentro do container é superior a 200°C, o que, em caso de fogo externo, não evita o início e a propagação do processo de Thermal Runaway de embalagem contendo baterias de lítio não envolvidas inicialmente com a causa do fogo. Estes containers podem aumentar significativamente o tempo entre a surgimento da chama e a detecção da fumaça pelos sensores do sistema de supressão de fogo da aeronave.
- Capas de contenção de chamas/fogo: Estas capas estão sendo desenvolvidas para serem colocadas sobre uma carga paletizada (SAE AS6543, 2013 e ISO 14186:2013(E), 2016). Foi comprovado que as capas são efetivas contra fogo comum oriundo de materiais combustíveis, porém não são efetivas para conter fogo oriundo de baterias de metal de lítio. Testes demonstraram que essas capas tiveram algum sucesso em conter fogo oriundo de baterias de íons de lítio.

**Barreiras ativas:** incluem sistemas mais rápidos e específicos de detecção de incêndio, sistemas melhorados de supressão de fogo, controle de temperatura, meios de fechamento da ventilação e parada automática de sistemas críticos para o voo.

**Mitigações nas embalagens:** Desenvolvimento de embalagens que garantam que não haverá propagação do evento de Thermal Runaway entre células/baterias dentro da embalagem, não haverá emissão de gases inflamáveis e tóxicos em quantidades significantes para o exterior da embalagem, não haverá fogo externo a embalagem e que a temperatura externa da mesma será inferior a 200°C.

**Prevenção da propagação do calor:** Acreditava-se até pouco tempo que a contenção do fogo dentro da embalagem seria suficiente para mitigar/reduzir os riscos no transporte deste tipo de bateria, porém testes recentes conduzidos pelo FAA (Office of Security and Hazardous Materials Safety”, 2016) demonstraram que uma pequena concentração dos gases emitidos podem ocasionar uma explosão. A prevenção da propagação resolve o problema dos gases inflamáveis e minimiza significativamente os outros perigos gerados em caso de superaquecimento. A necessidade de mitigação da propagação torna-se muito mais crítica à medida que o número baterias despachadas nos carregamentos aumenta.

**Contenção/confinamento do fogo gerado pela célula/ bateria dentro da embalagem:** Para carregamentos contendo apenas um pequeno número de pequenas células/baterias, a contenção do fogo dentro da embalagem poderia ser uma ação mitigatória eficaz, com a utilização de termo gel no resfriamento das mesmas, evitando a progressão do evento de superaquecimento e limitando a emissão de gases. No entanto, a eficácia do termo gel depende da manutenção da integridade da embalagem, o que não ocorre em caso de fogo proveniente de agente externo.

**Proteção contra fogo externo:** Carregamentos de grande quantidade de células/baterias (quantidade que irá depender do tipo da bateria e da sua condição SOC), há a necessidade de proteger esses carregamentos de fonte externas de fogo ou de calor. Os números de artigos transportados devem ser restringidos. Esta restrição deve ser dependente do tamanho do compartimento de carga ou container em que serão despachadas. Em compartimentos de carga classe C, que possuem sistema de supressão com Halon 1301, supõem-se que não haverá chamas fora da embalagem após o acionamento do sistema. No entanto, esta condição só pode ser assumida se a temperatura do carregamento não exceder a requerida para desencadear o processo de superaquecimento ou que a embalagem seja capaz de conter o risco internamente, sem que haja emissão de eletrólitos e gases inflamáveis em quantidade suficientes para comprometer a segurança de voo. Os compartimentos de carga classe E, que não possuem um sistema ativo de supressão de fogo, que dependem exclusivamente da decompressão da cabine para suprimir o fogo deverão possuir um sistema auxiliar de supressão. As temperaturas do fogo neste tipo de compartimento podem ser muito maiores quando comparadas com os compartimentos da classe C, pois há a intensificação do fogo a medida que a aeronave reduz a altitude (decida de emergência) devido ao aumento da concentração de oxigênio disponível na cabine.

Desenvolver requisitos e normas para testes de performance para as baterias e embalagens para mitigar e manter confinado o perigo gerado no transporte em condições normais, sem depender exclusivamente do sistema de supressão de fogo da aeronave.

**Cuidados no transporte:** A ICAO proibiu no início de 2015 o transporte de baterias de metal de lítio em todos os tipos de aeronaves comerciais de passageiros e cargueiros.

No final de 2015, o Conselho Internacional de Coordenação de Associações das Indústrias Aeroespaciais (ICCAIA) e a Federação Internacional da Associações de Pilotos de Linha Aérea (IFALPA) propuseram a proibição do transporte de baterias/células de íons de

Lítio nas aeronaves de passageiros e cargueiros até que seja desenvolvido meios de mitigação do risco para uma faixa tolerável, pois as aeronaves não estão preparadas para suportar um evento de fogo envolvendo esses tipos de baterias. Esta solicitação foi endossada pelos 4 maiores fabricantes de aviões (Boeing, Airbus, Bombardier e Embraer). Desta forma, o Conselho da Organização da Aviação Civil Internacional – OACI, em decisão proferida em 22 de fevereiro de 2016, instituiu internacionalmente a proibição do transporte aéreo de baterias de íons de lítio sob o número “UN 3480 – *Lithium Ion Batteries*” em aeronaves de passageiro e restringiu as regras para aeronaves cargueiras até que meios de controle de risco sejam estabelecidos afim de assegurar um nível aceitável de segurança.

## 8 CONCLUSÃO

Com base no exposto anteriormente quanto as ações mitigatórias que poderiam ser adotadas no âmbito das baterias para a reduzir o risco no transporte, as que se mostraram mais efetivas foram: a redução do nível energético (SOC) de células/baterias para o transporte; e a prevenção da propagação do efeito do superaquecimento entre células e/ou baterias dentro das embalagens, evitando assim a propagação dos efeitos térmicos para fora das mesmas. Estas barreiras mitigatórias, apesar de efetivas ainda não são capazes de eliminar o risco, levando à necessidade de continuidade no desenvolvimento e melhoramento das barreiras até então vislumbradas, para que seja possível estabelecer um nível mínimo aceitável de segurança no transporte de células/baterias de lítio.

## 9 STATUS ATUAL E PROXIMOS PASSOS

Em decorrência da proibição, diversas ações foram tomadas pelas Autoridade de Aviação Civil dos diversos países membros da ICAO, a fim de reduzir os perigos relacionados ao transporte de baterias de Lítio em Aeronaves de Passageiros e de Carga. Assim, pode-se citar:

Revisão das Instruções Técnicas para o Transporte Seguro de Artigos Perigosos pelo Modal Aéreo - DOC. 9284-AN/905 (ICAO) com vistas a restringir o transporte de baterias de íons lítio em aeronaves cargueiras, proibindo consolidação de embalagens contendo esse tipo de artigo em um único volume (paletização) ou utilização de sobre-embalagens (overpacks).

Recomendação de revisão dos procedimentos e treinamentos de pessoal, assim como a publicação de uma guia das melhores práticas no tratamento dos riscos envolvidos no transporte de baterias de lítio.

Desenvolvimento de ações para o desenvolvimento de sistemas de detecção e supressão de fogo que rapidamente identifiquem o fogo proveniente de células/baterias de lítio independente se estejam acondicionadas dentro de containers ou pallets.

Criação do grupo de trabalho G-27 junto a SAE Internacional para o desenvolvimento da norma SAE AS6413 “Performance based package standard for lithium batteries as cargo on aircraft”. Esta norma visa fornecer um método de teste para demonstrar e documentar a mitigação dos perigos potenciais de células/baterias de metal de lítio (UN 3090) e íons de lítio (UN 3480) quando transportados como carga em aeronaves devendo abordar a necessidade de controlar os perigos que podem surgir de

Uma falha de uma célula individual, de forma que contenha os perigos dentro da embalagem, evitando assim incêndios incontroláveis e pulsos de pressão que podem comprometer os sistemas atuais de supressão de incêndio dentro do compartimento de carga. Os trabalhos no desenvolvimento desta norma já encontram-se bastante avançados e a estimativa mais otimista é que ela seja publicada já no início de 2018.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos iluminou e nos guiou com sua sabedoria, aos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes, a nossa família pela compreensão da ausência e pelo incentivo, à ANAC pelo apoio Institucional, ao Instituto de Pesquisas e Ensaio em Voo (IPEV) pela iniciativa em difundir aspectos da segurança de voo na execução das atividades de pesquisa, desenvolvimento, certificação e qualificação de novos produtos aeronáuticos, através da realização do 10º Simpósio de Segurança de Voo (SSV 2017) e pela oportunidade oferecida de disseminarmos conhecimento relativo aos perigos decorrente do atual transporte de baterias de metal e íons de lítio em aeronaves de passageiros e de carga.

## REFERÊNCIAS

- BINOTTO, G. et al. **Review thermal runaway reactions mechanisms**. HELIOS - High Energy Lithium-Ion Storage Solutions, 2011.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. **Lithium Batteries & Lithium Battery-Powered Devices**. Office of Security and Hazardous Materials Safety, Washington. 2016.

- HEWSON, J. C.; DOMINO, S. P. **Thermal runaway of lithium-ion batteries and hazards of abnormal thermal environments**. In: US Sections Section Combustion Institute Meeting. [Exposição oral]. Cincinnati, 2015.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9284**: Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air. 2017-2018 ed. Montreal, 2017.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9481**: Emergency Response Guidance. 2017-2018 ed. Montreal, 2017.
- INTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Doc 9859**: Safety Management Manual (SMM). 3 ed. Montreal, 2013. ISBN 978-92-9249-214-4.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14186:2013(E)**: Air cargo — Fire containment covers - Design, performance and testing Requirements, 2013. 26p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19281:2016(E)**: Air cargo - Fire resistant containers - Design, performance and testing Requirements, 2016. 20p.
- PONCHAUT, N.; MARR, K.; COLELLA, F.; SOMANDEPALLI, V.; HORN, Q. **Thermal Runaway and Safety of Large Lithium-Ion Battery Systems**. In: International Stationary Battery Conference, Orlando, FL, 2015.
- RECHARGE AISBL. **Safety of Lithium-ion batteries**. [S.l.], 2013. 25p.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE). **SAE AS 6278**: Fire Resistant Container - Design, Performance and Testing Requirements, 2013.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE). **SAE AS 6413**: Performance based packaging standard for lithium batteries as cargo on aircraft, 2016.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE). **SAE AS 6453**: Fire Containment Cover - Design, Performance and Testing Requirements, 2013.
- SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS (SAE). **SAE J2464**: Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System (RESS) Safety and Abuse Testing. 2009. 33p.
- WANG, P.; ZHAO, C.; SUN, C. Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery. **Journal of Power Sources** **208**. 2012. p 210–224.