

Revista da

UNiFA

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA v. 27 n. 35 dez. 2014

Uma Visão Multidisciplinar do Poder Aeroespacial

ISSN - 1677 - 4558

35^a
Edição



EXPEDIENTE



Revista da UNIFA Publicação Semestral Volume 27, Número 35, Dez 2014

Reitor da UNIFA

Maj Brig Ar Paulo João Cury

Vice-Reitor da UNIFA

Brig Int R1 Luiz Tirre Freire

Editor Chefe

Cel Av Marcos Jorge Alves Gemaque

Editores Assistentes

1º Ten Bib Eduardo Lara Leitão

Profª Bruno de Melo Oliveira

Comitê de Ética Institucional

Vice-Reitor da UNIFA

Pró-Reitor de Ensino da UNIFA

Pró-Reitor de Pesquisa da UNIFA

Pró-Reitora de Extensão da UNIFA

Coordenador de Assuntos Acadêmicos

Chefe do Centro de Estudos Estratégicos

Chefe do Centro de Memória do Ensino

Comandante da ECEMAR

Chefe da Divisão de Ensino da ECEMAR

Vice-Presidente da CDA

Comandante da EAOAR

Chefe da Divisão de Ensino da EAOAR

Comandante do CIEAR

Chefe da Divisão de Ensino do CIEAR

Conselho Editorial Científico

Andréa Fabiana de Lira - UFBA - BA - BR

Claudio Rodrigues Corrêa - ESG - RJ - BR

Erico Duarte - UFRGS - RS - BR

Fabio Walter - UFRP - PB - BR

Fernando de Souza Costa - INPE - SP - BR

Flavio Neri Jasper - SEFA - DF - BR

Francisco Eduardo Alves de Almeida - ESG - RJ - BR

Guilherme Sandoval Góes - ESG - RJ - BR

João Roberto Martins Filho - UFSCar - SP - BR

Koshun Iha - ITA - SP - BR

Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães - IEAv - SP - BR

Marco Antonio Sala Mínucci - IEAv - SP - BR

Marcos Jorge Alves Gemaque - UNIFA - RJ - BR

Thais Russomano - PUCRGS - RS - BR

Vantuil Pereira - UFRJ - RJ - BR

Revisão Técnica

1º Ten Bib Priscyla Patrício de França

1º Ten Mli Márcia Lucas Leal Mello

1º Ten Mle Vanessa Correa Costa

1º Ten Bib Claudiane Ferreira da Silva Mady

1º Ten Bib Eduardo Lara Leitão

2º Ten Bib Aline Ferrari de Miranda Freitas

2º Ten Bib Vanessa Isabella Villas Boas Gumieiro

2º Ten Bib Priscila Bueno de Souza

2º Ten Bib Cíntia Sales de Souza

2º Ten Bib Eliane Domingues Lemos da Silva

2º Ten Bib Cíntia Carneiro Marinho

2º Ten Sva Dejair de Azevedo Fernandes Júnior

Profª André da Costa Gonçalves

Profª Andreza Barboza Nora

Profª Catarina Labouré Madeira Barreto Ferreira

Profª Cláudia Maria Sousa Antunes

Profª Débora Kelly Torres

Profª Fabiana da Cunha Ferreira

Profª Livia Aparecida de Almeida e Sousa

Profª Luciana dos Santos de Andrade

Profª Márcia Santiago Duarte Carqueijeiro

1S SML Rogério Batista Coelho

Secretaria

SO R1 Ronaldo de Paula Malheiros

Equipe de Edição

Diagramação

1S SDE Samuel Gonçalves Mastrange

Desenvolvimento WEB

2º Ten Ans Bruno Augusto Torres

2S BET Gildson Guilherme Caetano da Silva Filho

Impressão

Editora Nova Aliança - Ltda.

Tiragem

1000 exemplares

Distribuição

Gratuita e por permuta

Nossa capa

Fotografia da SO SAD R1 Márcia Idalina de Oliveira Miguez: "Um novo olhar sobre a UNIFA".

Escada do saguão principal do prédio do Comando da UNIFA.



REVISTA DA UNIFA

Uma Visão Multidisciplinar do Poder Aeroespacial

v. 27 n. 35 Dezembro 2014

Rio de Janeiro - RJ

Rev. UNIFA	Rio de Janeiro	v. 27	n. 35	p. 01- 120	dez. 2014
------------	----------------	-------	-------	------------	-----------

Direitos e Permissão de Utilização

Os textos publicados na revista são de inteira responsabilidade de seus autores.
Permite-se a reprodução desde que citada a fonte e o autor.

Rights and Permission to use

*The authors assume full responsibility for the texts published in the journal.
The reproduction is allowed since the source and author are cited.*

Derechos y permiso de utilización

*Los textos publicados en la revista son de entera responsabilidad de sus autores.
Se permite la reproducción desde que citada la fuente y el autor.*

Indexado em / indexed in / indexado en: **Latindex**

Classificado no / classified at the / clasificado en: **WebQualis da CAPES / CAPES WebQualis / WebQualis de la CAPES**

Catálogo Biblioteca da UNIFA

Revista da UNIFA / Universidade da Força Aérea. – Ano 1, n.1
(23 out.1985) - ano 21, n. 29 (dez. 2009); [nova ser.], v. 27, n. 35 (dez. 2014)
- Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 1985-2014

Semestral.
A partir de junho de 2010 numerado como volume.

ISSN 1677-4558 : Distribuição gratuita e por permuta

1. Força Aérea - Brasil - Periódicos. 2. Aeronáutica - Brasil. 3. Poder
Aeroespacial. I. Universidade da Força Aérea.

CDU 355.354(81)(05)

2014

Impresso no Brasil
Printed in Brazil
Impreso en Brasil

Pede-se permuta

We request exchange

Se solicita cambio

Editorial / Editorial / Editorial	5
--	---

ARTIGOS / ARTICLES / ARTÍCULOS

ORIGINAL / ORIGINAL / ORIGINAL

Aperfeiçoamento de um simulador de desorientação espacial baseado no conceito de Bárány	8
--	---

<i>Improvement of a spatial disorientation simulator based on the concept of Bárány</i>	19
---	----

<i>Perfeccionamiento de un simulador de desorientación espacial basado en el concepto de Bárány</i>	30
---	----

Thais Russomano, Luiz Alberto Piedade, Paulo Antônio Guimarães Lanzini Lopes, Ingrid Gradaschi Lamadrid, Leandro Disiuta, Ricardo Bertoglio Cardoso, Júlio César Marques de Lima e Cloer Vescia Alves

SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas	41
---	----

<i>SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan</i>	52
---	----

<i>SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas</i>	63
--	----

Fabício José Saito

ATUALIZAÇÃO / UPDATING / ACTUALIZACIÓN

O impacto da taxonomia do relatório de prevenção nas atividades de segurança de voo	75
--	----

<i>The prevention report taxonomy impact in flight safety activities</i>	85
--	----

<i>El impacto de la taxonomia del informe de prevención en las actividades de seguridad de vuelo</i>	95
--	----

Fernando Luís Volkmer

ESTUDO DE CASO / CASE STUDY / ESTUDIO DE CASO

Análise de maturidade da institucionalização dos acordos de compensação no Comando da Aeronáutica	106
--	-----

<i>Maturity analysis of the institutionalization of offset agreements in the Air Force Command</i>	
--	--

<i>Análisis de la madurez de la institucionalización de los acuerdos de compensación en el Comando de la Fuerza Aérea</i>	
---	--

Diógenes Lima Neto

PARECERISTAS DAS EDIÇÕES DE 2014/EVALUATORS OF 2014 EDITIONS/ DICTAMINADORES DE LAS EDICIONES DE 2014	118
--	-----

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO/ORIENTATIONS FOR SUBMISSION/ ORIENTACIONES PARA SOMETIMIENTO	120
--	-----

Editada desde 1985, a Revista da Universidade da Força Aérea é uma publicação científica de periodicidade semestral. Surgida como um veículo de divulgação dos trabalhos dos alunos dos cursos de pós-graduação dos oficiais da Força Aérea Brasileira, a revista passou por um processo de transformação, superando dificuldades e se consolidando como periódico científico dedicado às pesquisas atinentes aos temas aeronáuticos e militares.

Nos últimos anos, em face das modificações operadas com a criação do Ministério da Defesa e o desenvolvimento de centros de pesquisa e ensino dedicados à Defesa e aos Estudos Estratégicos, a revista precisou ser aprimorada, conquistando, assim, um perfil acadêmico de acordo com os novos tempos. Também dentro da própria Universidade da Força Aérea, outros setores mostram-se integrados ao processo de transformação instaurado, fomentando as pesquisas atinentes às necessidades do Comando da Aeronáutica, aproximando-se, com isto, da comunidade acadêmica. Com isso, a Coordenadoria de Mestrado em Ciências Aeroespaciais, subordinada a Pró-Reitoria de Ensino, encontra espaço de divulgação dos trabalhos de seus corpos docente e discente também em nosso periódico, reforçando os laços de cooperação de setores de uma instituição que acompanha os ventos de mudança.

Paralelamente, o cenário tem estimulado o intercâmbio de idéias entre os periódicos dedicados a área de Defesa e Estudos Estratégicos, favorecendo troca de experiências e discussões a cerca do aprimoramento das modalidades de submissão e do amadurecimento do campo de atuação das publicações. Diante disto, a Revista da Universidade da Força Aérea, firma-se como uma publicação singular abordando assuntos referentes à corporação militar e discutindo os diversos aspectos com que a Aeronáutica se confronta em seu cotidiano e em suas necessidades de planejamento, estratégia, defesa, capacitação e análise crítica.

A publicação tem como foco de sua atenção os estudos do Poder Aeroespacial, bem como das áreas temáticas de interesse da Força Aérea Brasileira e das atividades efetuadas no âmbito do Comando da Aeronáutica. Desta forma, procura-se explicitar o escopo do periódico, elemento que baliza os artigos coligidos em nossas edições. Assim, o foco do periódico se debruça sobre as reflexões deste conceito norteador:

Poder Aeroespacial é a *capacidade* resultante da integração dos recursos de que dispõe a nação para a utilização do *espaço aéreo* e do *espaço exterior*, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando *conquistar e manter os Objetivos Nacionais*¹.

Seus elementos constitutivos - Força Aérea, Aviação Civil, Infraestrutura Aeroespacial, Indústria Aeroespacial e Complexo Científico-Tecnológico Aeroespacial² -, formam áreas que se interligam, estimulando a promoção de análises pertinentes aos estudos estratégicos e de defesa.

Dado o alto grau de complexidade desta realidade, não é possível desconsiderar outras práticas e campos do conhecimento, como as áreas de administração, de ciências da saúde (em especial a medicina aeroespacial), humanidades e de ciências sociais aplicadas. A aproximação com outras disciplinas favorece a promoção de análises dedicadas ao desenvolvimento de políticas de defesa e estudos estratégicos no que tange ao Poder Aeroespacial, estimulando uma reflexão crítica sobre o tema.

A busca por aperfeiçoamento ainda não cessou, pois além das preocupações com a inserção em meios acadêmicos, a Revista da UNIFA tem adotado o Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas (*SEER*), mecanismo de automação das atividades de editoração dos periódicos científicos, tornando-a acessível *on-line*. Desse modo, o Corpo Editorial da revista da UNIFA tem se esmerado para garantir pontuação no *Qualis*, que é o sistema de estratificação de periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bem como a sua participação nas bases de indexação de periódicos acadêmicos nacionais. Uma das próximas metas é submeter a publicação ao *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), indexador de acesso aberto de periódicos científicos brasileiros, visando garantir maior visibilidade.

Estando disponível nas versões impressa e on-line, e dotada de perfil multi e interdisciplinar, a Revista da UNIFA, como forma de contribuir com a difusão da produção acadêmica no Cone Sul e nos Estados Unidos, promoveu a tradução de artigos em língua espanhola e inglesa. Todavia, para que esta empreitada encontre êxito, o compromisso com o trabalho e o rigor com os procedimentos constituem as chaves para o cumprimento da missão.

Boa leitura!

¹ ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. **Manual básico: assuntos específicos**. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2009, v. 2, p. 75.

² *Ibid.*, p. 75.

Edited since 1985, the Journal of the University of the Air Force is a biannually scientific publication. Created as a vehicle for the dissemination of the students' work of the postgraduate training courses of the officers of the Brazilian Air Force, the journal went through a process of transformation, overcoming difficulties and becoming a scientific journal dedicated to research linked to aeronautical and military themes.

In recent years, due to the modifications made to the creation of the Ministry of Defense and the development of centers of research and education dedicated to the Defense and Strategic Studies, the journal needed to be improved, thus gaining an academic profile according to the new times. Also within the University of the Air Force itself, other sectors are integrated into the transformation process initiated by fostering research relating to the needs of the Air Force Command, approaching, with it, the academic community. With this, the Coordinator of Master Degree in Aerospace Sciences, subject to the Dean of Education, finds room for disclosure of the work of its teacher and student departments also through our journal, strengthening the cooperation links of the sectors of an institution that accompanies the winds of change.

In parallel, the scenario has encouraged the exchange of ideas between the journals dedicated to the area of Defense and Strategic Studies, favoring exchange of experiences and discussions about the improvement of procedures for submission and the maturation of the field of action of publications. Given this, the Journal of the University of the Air Force, stands as a unique publication covering matters related to military corporation and discussing the various aspects that the Air Force is facing in their daily lives and their needs for planning, strategy, defense, training and critical analysis.

The publication focuses their attention in studies of Aerospace Power, as well as the thematic areas of interest of the Brazilian Air Force and the activities carried out under the Aeronautics Command. Thus, it seeks to clarify the scope of the journal, element that guides papers collected in our editions. Thus, the focus of the journal addresses on the thought of this guiding concept:

Aerospace Power is the capacity resulting from the integration of the resources available to the nation for the use of airspace and outer space, both as an instrument of political and military action, either as factor of economic and social development, aiming to conquer and maintain the National Objectives¹.

Its constituent elements - Air Force, Civil Aviation, Aerospace Infrastructure, Aerospace Industry and Aerospace Scientific-Technological Complex² - form areas that are interconnected, stimulating the promotion of relevant analysis to strategic and defense studies.

Given the high degree of complexity of this reality, it is not possible to disregard practices and other fields of knowledge such as business administration, health (in particular aerospace medicine) and humanities sciences and applied social sciences. The approach with other disciplines favors the promotion of analyzes dedicated to the development of defense policy and strategy studies in relation to Aerospace Power, encouraging critical thought on the topic.

The search for perfection is still ongoing, because in addition to concerns with the inclusion in academic circles, the Journal of the UNIFA has adopted the Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas [Electronic System for Journal Publishing] (SEER) automation mechanism of the activities of publishing of scientific journals, making it accessible online. Thereby, the Editorial Board of the Journal of the UNIFA has been careful to ensure score in the Qualis, which is the journal stratification system of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [Coordination of Improvement of Higher Education Personnel] (CAPES), as well as their participation in the indexation databases of national academic journals. One of the next goals is submitting the publication to Scientific Electronic Library Online (SciELO), indexer to open access of Brazilian scientific journals, aiming to ensure greater visibility.

Being available in printing and online formats, and having a multi and interdisciplinary profile, the Journal of the UNIFA, as a way of contributing to the dissemination of academic production in the Southern Cone and in the United States, has promoted the translation of papers in Spanish and English. However, in order to find success in this venture, commitment to the work and rigor with procedures are the keys for accomplish the mission.

Have a nice reading!

¹ ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA. **Manual básico: assuntos específicos**. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2009, v. 2, p. 75, our translation.

² *Ibid.*, p. 75.

Publicada desde 1985, la Revista de la Universidad de la Fuerza Aérea es una publicación científica de periodicidad semestral. Fue creada como un vehículo para la difusión de los trabajos de los alumnos de los cursos de post-formación de los oficiales de la Fuerza Aérea Brasileña, la revista ha pasado por un proceso de transformación, superando dificultades y convirtiéndose en periódico científico dedicado a las investigaciones de temas aeronáuticos y militares.

En los últimos años, ante los cambios realizados con la creación del Ministerio de la Defensa y el desarrollo de centros de investigación y la enseñanza dedicada a la Defensa y a los Estudios Estratégicos, la revista tuvo que ser mejorada, ganando un perfil académico según los nuevos tiempos. También dentro de la propia Universidad de la Fuerza Aérea, otros sectores están integrados en el proceso de transformación establecido, promoviendo la investigación hacia las necesidades del Mando de la Aeronáutica, se acerca, con esto, la comunidad académica. La Coordinación de la Maestría en Ciencia Aeroespacial, que se somete a Pro-Rectoría de Enseñanza, encuentra espacio para la difusión del trabajo de sus estudiantes y profesorado también en nuestro periódico, fortaleciendo los vínculos de cooperación de los sectores de una institución que acompaña a los vientos de cambio.

En paralelo, el escenario ha fomentado el intercambio de ideas entre los periódicos dedicados al área de Defensa y Estudios Estratégicos, facilitando el cambio de experiencias y discusiones sobre el perfeccionamiento de las modalidades de sumisión y de la maduración del campo de las publicaciones. La Revista de la Universidad de la Fuerza Aérea, se sostiene como una publicación singular abordando asuntos relativos a la corporación militar y discutiendo diversos aspectos con los que se enfrenta la Aeronáutica en su cotidiano y sus necesidades de planificación, estrategia, defensa, capacitación y análisis crítico.

La publicación centra su atención a los estudios del Poder Aeroespacial, así como las áreas temáticas de interés de la Fuerza Aérea Brasileña y de las actividades realizadas en el ámbito bajo el Mando de la Aeronáutica. De esta manera, se pretende aclarar el alcance del periódico, elemento que baliza los artículos recogidos en nuestras ediciones. Por lo tanto, el enfoque del periódico aborda las reflexiones de este principal concepto:

El Poder Aeroespacial es la capacidad resultante de la integración de los recursos disponibles a la nación para el uso del espacio aéreo y del espacio exterior, tanto como un instrumento de acción política y militar, como un factor de desarrollo económico y social, con el objetivo de conquistar y mantener los Objetivos Nacionales¹.

Sus elementos constitutivos —Fuerza Aérea, Aviación Civil, Infraestructura Aeroespacial, Industria Aeroespacial y Complejo Científico Tecnológico Aeroespacial²—, forman áreas que interconectan, alentando la promoción de análisis pertinentes a los estudios estratégicos y de defensa.

Dado el alto grado de complejidad de esta realidad, no es posible desconsiderar otras prácticas y campos del conocimiento, tales como las áreas de administración, Ciencias de la Salud (en particular la medicina aeroespacial), Humanidades y Ciencias Sociales aplicadas. El acercamiento con otras asignaturas favorece la promoción de análisis dedicadas al desarrollo de políticas de defensa y estudios estratégicos en lo que corresponde al Poder Aeroespacial, estimulando una reflexión crítica sobre el tema.

La búsqueda del perfeccionamiento no ha cesado, así como las preocupaciones con la inserción en medios académicos, la Revista de la UNIFA ha adoptado el Sistema Electrónico de Edición de Revistas (SEER), mecanismo de automatización de las actividades de edición de los periódicos científicos, haciéndola accesible en línea. De este modo, el Cuerpo Editorial de la revista de la UNIFA debe garantizar puntuación en el Qualis, que es el sistema de estratificación del periódico de la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES), así como su participación en las bases de indexación de periódicos académicos nacionales. Una de las próximas metas es someter la publicación a Scientific Electronic Library Online (SciELO), indexador de acceso abierto de periódicos científicos brasileños garantizando una mayor visibilidad.

Está disponible en las versiones impresas y en línea y dotada de perfil multi e interdisciplinario, la Revista de la UNIFA, como una forma de contribuir a la difusión de la producción académica en el Cono Sur y en los Estados Unidos, promovió la traducción de los artículos en español e inglés. Sin embargo, para que esta tarea tenga éxito, el compromiso con el trabajo y el rigor con los procedimientos constituyen las claves para el cumplimiento de la misión.

¡Buena lectura!

¹ ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA. **Manual básico: asuntos específicos**. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 2009, v. 2, p. 75, nuestra traducción.

² *Ibid.*, p. 75.

Aperfeiçoamento de um simulador de desorientação espacial baseado no conceito de Bárány

Improvement of a spatial disorientation simulator based on the concept of Bárány

Perfeccionamiento de un simulador de desorientación espacial basado en el concepto de Bárány

Thais Russomano, PhD
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
trussomano@hotmail.com

Luiz Alberto Piedade, Doutor
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
piedade9@terra.com.br

Paulo Antônio Guimarães Lanzini Lopes
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
pagllopes@brturbo.com.br

Ingrid Gradaschi Lamadrid
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ingridlamadrid@gmail.com

Leandro Disiuta, Mestre
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ldisiuta@gmail.com

Ricardo Bertoglio Cardoso, Mestre
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ricardo.cardoso@puhrs.br

Júlio César Marques de Lima, Mestre
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
jclima@puhrs.br

Cel Med Cloer Vescia Alves, Mestre
Centro de Microgravidade - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
cloer@terra.com.br

Recebido / Received / Recibido
14/02/14

Aceito / Accepted / Aceptado
06/03/14

RESUMO

A desorientação espacial é uma condição na qual um piloto não pode determinar, acuradamente, a localização da aeronave em relação ao ambiente aéreo e à superfície terrestre, colocando em risco a segurança do voo. Todas as pessoas são suscetíveis a ela, especialmente quando voam à noite ou em condições meteorológicas adversas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo o aperfeiçoamento de um Simulador de Desorientação Espacial (SDE), com base no conceito de Bárány, para o treinamento de pilotos e realização de pesquisas em fisiologia aeroespacial. Para tanto, foi realizado um levantamento das limitações apresentadas pelo *hardware* e *software* de controle e pela estrutura mecânica do SDE existente no Centro de Microgravidade da PUCRS. Após essa etapa, foram definidas quais melhorias seriam contempladas. O SDE resultante deste estudo permitiu a frenagem magnética, inversão de direção de movimento e controle fino de velocidade e aceleração, características presentes apenas nessa versão do simulador, o que possibilitou ao mesmo atender às necessidades estabelecidas por protocolos de estudos em fisiologia aeroespacial. Este trabalho representa mais de uma década de experiência na realização de pesquisas em desorientação espacial, tendo seus resultados obtido reconhecimento internacional. Os dados apresentados demonstraram o impacto positivo dos aperfeiçoamentos alcançados na realização de pesquisas clínico-fisiológicas.

Palavras-chave: Simulador. Desorientação espacial. Conceito de Bárány. Acidente aéreo.

ABSTRACT

Spatial disorientation is a condition in which a pilot is unable to accurately determine the aircraft position relative to the airspace surrounding it or to the ground surface, putting at risk the flight safety. All individuals are susceptible to this experience, especially when flying at night or in adverse weather conditions. Therefore, this project aimed to make improvements to a Spatial Disorientation Simulator (SDS) based on the concept of Bárány, to facilitate pilot training and enable aerospace physiology research to take place. To this end, a survey was conducted on the limitations presented by the control software and hardware, and on the mechanical structure of the existing MicroG Centre simulator, from which were identified those features requiring improvement. The resultant SDS is equipped with magnetic braking, direction reversal and fine control of speed and acceleration, features found only in this version of the simulator, which enabled it to meet the needs established by aerospace physiology study protocols. This work results from more than a decade of experience conducting research in spatial disorientation, for which international recognition has been achieved. The data presented demonstrated the positive impact of the improvements achieved in conducting clinical-physiological research.

Keywords: Simulator. Spatial disorientation. Concept of Bárány. Air accident.

RESUMEN

La desorientación espacial es una condición en la cual un piloto no puede determinar, con precisión, la localización de la aeronave en relación al ambiente aéreo y a la superficie terrestre, colocando en riesgo la seguridad del vuelo. Todas las personas son susceptibles a ella, especialmente cuando vuelan de noche o en condiciones meteorológicas adversas. De esa forma, este trabajo tuvo como objetivo el perfeccionamiento de un Simulador de Desorientación Espacial (SDE), con base en el concepto de Bárány, para el entrenamiento de pilotos y realización de investigaciones en fisiología aeroespacial. Para eso, se realizó un relevamiento de las limitaciones presentadas por el hardware y software de control y por la estructura mecánica del SDE existente en el Centro de Microgravedad de la PUCRS. Después de esa etapa, fueron definidas cuales mejoras serian contempladas. El SDE resultante de este estudio permitió el frenado magnético, inversión de dirección de movimiento y control fino de velocidad y aceleración, características presentes solamente en esta versión del simulador, lo que posibilitó al mismo atender las necesidades establecidas por protocolos de estudios en fisiología aeroespacial. Este trabajo representa más de una década de experiencia en la realización de investigaciones en desorientación espacial, obteniendo resultados con reconocimiento internacional. Los datos presentados demostraron el impacto positivo de los perfeccionamientos alcanzados en la realización de investigaciones clínico-fisiológicas.

Palabras-clave: Simulador. Desorientación espacial. Concepto de Bárány. Accidente aéreo.

1 INTRODUÇÃO

A capacidade de adaptação da fisiologia humana a outros ambientes, que não o terrestre, não é ilimitada. Em um voo, por exemplo, os referenciais para o equilíbrio e a orientação são diferentes dos utilizados em terra, o que ocasiona um conflito de informações e provoca a diminuição ou a perda da capacidade de orientação espacial (BENSON, 1998).

Na publicação inglesa *Medical Problems of Flying* (FLACK, 1920), já havia uma preocupação no estudo do equilíbrio e da orientação corporal no meio aeronáutico. A aviação mundial refere que cerca de 10% dos acidentes aéreos tem como causa a desorientação espacial, sendo que desses aproximadamente 90% são fatais (CLARK, 1971, 1955, 1953; KIRKHAM, 1978; TREDICI, 1980). Frente à impossibilidade de haver uma adaptação fisiológica à desorientação em voos, otimiza-se a prevenção desse fenômeno, com o intuito de minimizar a participação da desorientação espacial na gênese de acidentes aéreos (PARKER, 1980; RUSSOMANO, 2012).

A desorientação espacial ou “vertigem de piloto” é uma condição na qual um piloto não pode determinar, acuradamente, a localização da aeronave em relação ao ambiente aéreo e à superfície terrestre. Todos os pilotos são suscetíveis a ela, especialmente quando voam à noite ou em condições meteorológicas adversas.

De acordo com Benson (1974, 1975), a desorientação espacial tem sido um fenômeno constante na rotina dos pilotos. Aulas práticas ministradas nos cursos de aviação tentam demonstrar os efeitos de diferentes tipos de desorientação espacial passíveis de ocorrer em voos. Para isso, são usados simuladores, com base no conceito de Bárány, em que a desorientação espacial ocorre por meio da utilização de um conjunto de estimulação angular do sistema vestibular em seus três planos.

Em geral, esse dispositivo consiste em uma cadeira montada em uma plataforma com um eixo rotatório, que permite girá-la de forma controlada. Entretanto, uma limitação importante é o fato de as cadeiras serem comumente acionadas de forma manual, resultando, assim, em uma oscilação indesejada da aceleração angular, o que pode auxiliar na orientação espacial do piloto, invalidando o teste.

2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo o aperfeiçoamento dos sistemas de controle e mecânico

de um Simulador de Desorientação Espacial (SDE), com base no conceito de Bárány, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Aeroespacial do Centro de Microgravidade da PUCRS, para o treinamento de pilotos e o uso na realização de pesquisas em fisiologia aeroespacial.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura aborda os aspectos mais relevantes relativos aos diferentes tipos de desorientação e ilusões espaciais ligadas ao sistema vestibular, bem como a técnica desenvolvida por Robert Bárány para sua demonstração e seu estudo.

3.1 Desorientação espacial em voo

Os acidentes aeronáuticos são muitas vezes ocasionados pela desorientação espacial durante o voo. Há três tipos básicos de desorientação espacial que podem ser sofridos por pilotos:

Tipo I (não reconhecido): o piloto não sabe que está desorientado ou que perdeu a consciência situacional, sendo isso muito perigoso, pois o mesmo continua pilotando a aeronave normalmente e nada fará para corrigir o problema. Em suma, isso significa que o piloto comanda a aeronave de acordo com uma errônea percepção em relação à orientação. É dito que o piloto “morre com um sorriso na face”.

O Tipo II (reconhecida) é mais comum do que o Tipo I. Nela, o piloto tem conhecimento de que existe um problema e que o seu sistema sensorial está dando informações que não estão de acordo com as disponíveis pelos instrumentos de voo. Se o piloto conseguir manejar esse conflito, o acidente ou incidente aéreo poderá ser evitado. Desse modo, a capacitação dos pilotos em relação a essas situações tem se mostrado uma ferramenta importante, pois, reconhecendo que a desorientação espacial está acontecendo, o piloto pode tomar atitudes corretas, a partir da leitura dos instrumentos da aeronave.

No Tipo III (incapacitante), o piloto é exposto à forma mais estressante de desorientação, pois, apesar de estar ciente da desorientação, essa é muito intensa, impossibilitando qualquer reação.

A Tabela 1 mostra o número de experiências relatadas em um estudo realizado por Clark (1971) sobre desorientações espaciais sofridas por pilotos.

Tabela 1: Experiências em voos relativas à desorientação espacial, baseadas em questionários realizados com 137 pilotos (1956) e 321 pilotos (1970).

Pilotos que reportaram incidentes em (%)	1956	1970
Sensação que uma das asas está mais baixa enquanto as asas estão niveladas.	60	67
No nivelamento após curva inclinada tende a inclinar na direção oposta.	45	67
Sente que está nivelado quando está fazendo uma curva.	39	66
Confusão de informações entre instrumentos e informação visual.	34	31
Ao recobrar de uma curva acentuada, sente o giro em direção oposta.	29	55
Sentimento de isolamento e separação da terra quando em alta altitude (<i>break-off</i>).	23	33
Em noite escura, ponto iluminado abaixo parece estar se movendo erratically.	21	23
Falha na checagem do altímetro e chega muito perto do solo.	12	12

Fonte: adaptado de Clark (1971).

A Tabela 2 resume, por meio da análise de questionários, a experiência de desorientações espaciais sofridas por 104 pilotos da Marinha Norte-Americana (USN) (TORMES, 1974), 182 pilotos da Força Aérea Real Britânica (RN1) (STEELE-PERKINS, 1978) e 300 pilotos da Marinha Real Britânica (RN2) (TORMES, 1974).

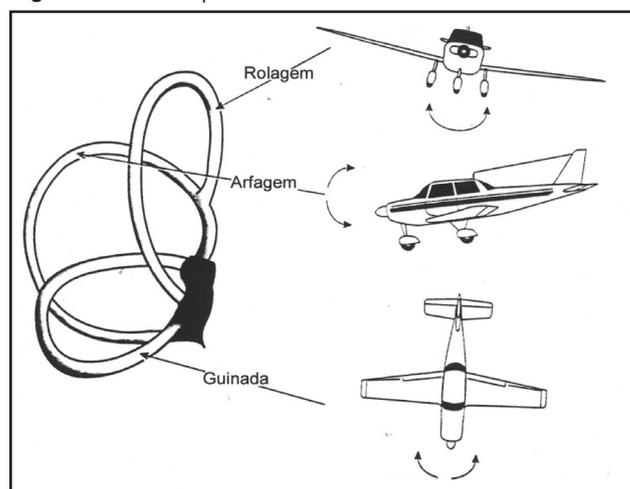
Tabela 2: Percentagem de pilotos que tiveram experiência de desorientação, baseado na análise de questionários.

Classificação	SN	RN1	RN2
Sensação de que não está nivelado após fazer uma curva.	91	96	94
Erro na posição relativa ou movimento da nave em aproximação noturna.	58	73	74
Erro na interpretação do horizonte verdadeiro em manobra dentro de nuvem.	47	46	45
Erro de interpretação da altitude logo após a decolagem da nave.	21	34	38
Erro de interpretação do horizonte verdadeiro por observar luzes em terra.	33	28	15
Sensação de estar suspenso no espaço.	*	19	16
Sensação de instabilidade (equilibrando-se no fio de uma faca).	*	*	18

Fonte: adaptado de Tormes (1974) e Steele-Perkins (1978).

As desorientações espaciais podem ocorrer devido à ilusão por aceleração linear ou ilusão por aceleração rotacional, foco desse estudo. A porção do aparelho vestibular responsável pela percepção do equilíbrio rotacional são os canais semicirculares, da orelha interna, situados próximos ao utrículo e ao sáculo. Os canais semicirculares são divididos em: anterior, posterior e horizontal, sendo dispostos em ângulos retos entre si, representando os três planos cartesianos do espaço. Cada canal semicircular tem uma dilatação em uma de suas extremidades, chamada de ampola, onde localiza-se o seu transdutor mecânico/elétrico, a crista ampular. Cada crista ampular contém células ciliares, e na sua porção superior, há uma massa gelatinosa chamada cúpula, recoberta com células pilosas. Banhando a crista ampular, existe a endolinfa (líquido que preenche os canais semicirculares, na sua porção membranosa). O fluxo da endolinfa na ampola, gerado pela inclinação da cabeça, estimula as células ciliadas, indicando a direção do movimento. A ilusão por aceleração rotacional, como pode ser vista na Figura 1, mostra a relação dos canais semicirculares do sistema vestibular humano com os três planos espaciais cartesianos e os movimentos da aeronave.

Figura 1: Planos espaciais.

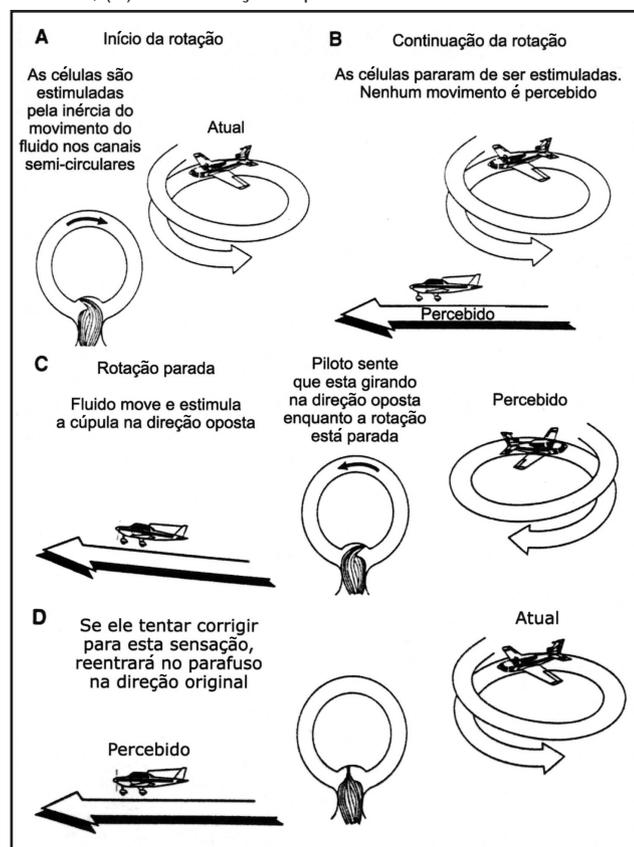


Fonte: Piedade (2001).

Uma ilusão comum do sistema vestibular (*Graveyard Spin*), associada à aceleração rotacional, ocorre quando o piloto faz um parafuso em uma direção de giro e os canais semicirculares identificam a direção do parafuso, fazendo com que o piloto perceba a rotação. Após alguns segundos, caso não haja variação na magnitude da aceleração, a

sensação de rotação vai diminuindo até desaparecer, dando a impressão de que a aeronave não está mais em curva. Quando o piloto sai da manobra, por inércia, a endolinfa, que continua a girar fletindo a crista ampular (transdutor), dá a falsa impressão de que o indivíduo está girando em direção oposta (sensação de que o piloto corrigiu demais o giro). Nesse momento, o piloto volta a girar na direção original, sem sair do parafuso, ocasionando o acidente. Na Figura 2A, a cúpula, estrutura dos canais semicirculares responsável por identificar o movimento rotacional, é estimulada pela inércia da endolinfa e, na Figura 2B, a aceleração angular é nula e o movimento não é percebido. Ao nivelar o avião, o piloto percebe, pela inércia da endolinfa, um sentido de giro oposto ao da manobra, e a sensação é de que o giro foi feito erroneamente (Figura 2C). O piloto então corrige a falsa percepção, entrando novamente em parafuso, na direção original (Figura 2D).

Figura 2: (A) Início da manobra, (B) continuação, (C) nivelamento do avião, (D) desorientação espacial.



Fonte: Piedade (2001).

A desorientação espacial, no entanto, não se restringe à interação ambiente, homem e avião.

Helicópteros também são alvo de estudos, pois podem ocasionar os mesmos tipos de desorientação espacial (STEELE-PERKINS, 1978; TORMES, 1974).

3.2 Simulador de desorientação espacial – conceito de Bárány

O SDE é um dispositivo utilizado para realização de testes de desorientação espacial, particularmente para pilotos e estudantes de faculdades de ciências aeronáuticas.

Ko (2003) mostra o desenvolvimento do modelo e sistema de controle para SDEs descentralizados, onde o reflexo vestibulo-ocular é mensurado por meio de câmeras (Figura 3).

Figura 3: Cadeira rotatória com plano inclinado.



Fonte: Ko (2003).

Diferentes SDEs já estão disponibilizados no mercado por empresas especializadas. Enticott (2005) e Byun (2010) demonstram a utilização do dispositivo Micromedical Technologies System 2000 Rotational Chair, onde são explorados diferentes protocolos de rotação para estímulo da desorientação (Figura 4).

Figura 4: Dispositivo da Micromedical Technologies System 2000.



Fonte: Byun (2010).

O Epley Omniax, desenvolvido pela empresa Vesticon, possibilita, além da rotação, a inclinação do paciente de 0° a 360° (Figura 5).

Figura 5: Sistema Epley Omniax® da empresa Vesticon.



Fonte: Vesticon (2014).

Complementarmente ao estímulo e mensuração da desorientação pelo movimento ocular, alguns equipamentos já possibilitam a avaliação do indivíduo

em situações simuladas, como o voo. O GAT-II da Environmental Tectonics emprega um simulador de voo e uma versão estilizada de uma cabine de aeronave para criar um ambiente mais próximo ao voo real (Figura 6).

Figura 6: Sistema de treinamento GAT-II desenvolvido pela empresa Environmental Tectonics Corporation.



Fonte: Embry-Riddle (2014).

Na PUCRS, com base na necessidade do treinamento prático dos alunos em fisiologia aeroespacial e de se realizar a simulação das condições enfrentadas por astronautas, o Centro de Microgravidade da Faculdade de Engenharia (FENG) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), por meio de seu Laboratório de Engenharia Aeroespacial, desenvolveu, em 2001, seu primeiro protótipo do SDE (PIEDADE, 2001), sendo esse posteriormente aperfeiçoado por Gessinger (2005), Alves (2008) e pelo presente estudo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com intuito de definir o aperfeiçoamento necessário ao sistema de desorientação, foi realizado um levantamento das limitações apresentadas pelo *hardware* e *software* de controle e pela estrutura mecânica do SDE. Com a conclusão dessa etapa, foram definidas quais melhorias que seriam contempladas.

Assim, por meio da revisão dos estudos realizados no Centro de Microgravidade por Piedade (2001), Gessinger (2005), Russomano (2005) e Alves (2008) comparou-se as principais limitações apontadas nos protocolos desenvolvidos e nos resultados obtidos quanto à desorientação dos voluntários. De forma a enriquecer os dados encontrados, discussões multidisciplinares foram organizadas com integrantes do Laboratório de Fisiologia Aeroespacial, do grupo de engenharia biomédica do Laboratório de Engenharia Aeroespacial e da Coordenação de Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação do Centro de Microgravidade.

4.1 Materiais

Os materiais utilizados nesse estudo para o aperfeiçoamento do Simulador de Desorientação Espacial serão apresentados e descritos a seguir.

4.1.1 Sistema de desorientação espacial

A primeira versão do SDE (Figura 7A) do Centro de Microgravidade da PUCRS foi idealizada por Piedade (2001) e possuía um conjunto motor externo, adaptado no eixo da cadeira, composto de coroa, pinhão e corrente. Internamente, no eixo central da estrutura, foi adaptado um par de rolamentos de encosto, com o intuito de diminuir o atrito do eixo do motor. Para fixação do assento, foi soldada uma chapa no topo do eixo central, no qual o mesmo foi aparafusado. De forma a minimizar o desbalanceamento da cadeira e possibilitar uma maior segurança do voluntário durante o giro, foram introduzidos um apoio para a cabeça, um suporte para os pés e um cinto de dois pontos. O sistema de transmissão de força consistia em um motor elétrico de corrente contínua de 24 V, com rotação nominal de 3000 rpm e fator de redução de 15:1. A transmissão de movimento entre o motor e o eixo foi possibilitada por meio de duas polias de canal trapezoidal, com uma correia de perfil trapezoidal "A29", gerando uma relação de 5:1 entre a polia motora e a movida e uma rotação final máxima do sistema de 40 rpm. O controle do motor foi realizado por um circuito PWM (*Pulse-Width Modulation*), em uma frequência de 10 kHz e com capacidade de disponibilizar até 10 A de corrente. Esse era

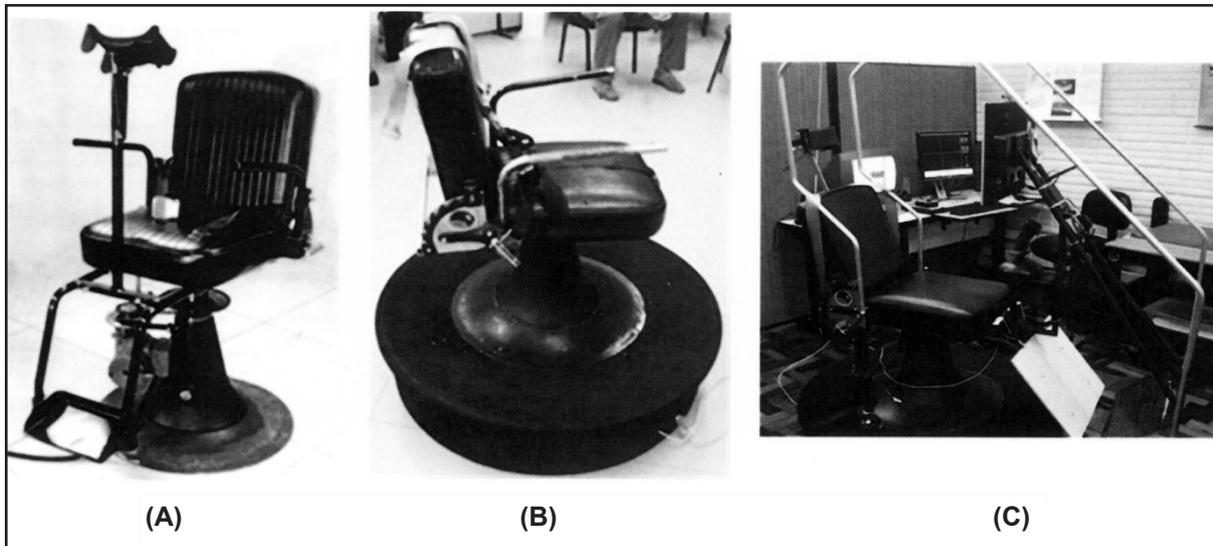
alimentado por uma fonte de tensão com entrada de 220 V_{CA} e uma saída ajustável de 24 V_{CC}.

O sistema era instrumentado com um tacômetro, composto de um gerador de tensão microprocessado por um controlador 89C2051, o qual disponibilizava a informação do número de voltas por meio da variação de um nível de tensão elétrica.

A segunda versão (Figura 7B), aperfeiçoada por Gessinger (2005), introduziu uma plataforma circular de madeira, com revestimento acústico interno, utilizada como sustentação para a cadeira. O conjunto motor foi movido para dentro da plataforma, reduzindo consideravelmente os ruídos da transmissão e dando maior estabilidade à cadeira. Essa redução permitiu evitar que o voluntário obtivesse um ponto sonoro de orientação espacial. Nas laterais do assento, foi adaptada uma trava dentada de segurança, em aço 1020, escalonada em intervalos de 15°, a qual possibilitou a angulação do encosto da cadeira entre 0 e 90 graus. Outro recurso adicionado foi um apoio para pernas e pés, que, junto com a inclinação do encosto, permitiu utilizar a posição supina durante os experimentos. Um cinto de cinco pontos foi incluído na estrutura, em substituição ao anterior, assegurando uma maior estabilidade ao voluntário, independentemente do ângulo de reclino utilizado na cadeira.

A terceira versão (Figura 7C), desenvolvida por Alves (2008), promoveu uma modernização da instrumentação da cadeira, possibilitando uma avaliação mais abrangente das respostas fisiológicas do voluntário, bem como sua performance, nas diversas situações previstas em voo.

Figura 7: (A) SDE por Piedade (2001), (B) SDE por Gessinger (2005), (C) SDE por Alves (2008).



Fonte: Alves (2008).

Com o intuito de criar um ambiente de *cockpit* na cadeira, foi desenvolvida uma estrutura utilizando tubos de alumínio para suporte de uma cobertura em curvim emborrachado (*blackout*), na cor bege, minimizando fatores de influência do meio externo (som, ar e, principalmente, luminosidade). Nessa estrutura, foram fixados um monitor LCD de 19 polegadas e um *joystick*, com interface USB, permitindo ao voluntário, por meio do *software Flight Simulator X* da *Microsoft*®, controlar o manche de uma aeronave virtual em diferentes cenários simulados de voo. Foi instalada uma câmera com luz infravermelha para capturar imagens do voluntário durante os experimentos, com o objetivo de avaliar as reações do mesmo. Para transmissão de dados USB, foi utilizado um aparelho WUSB (*Wireless USB*) que é uma versão sem fios de um HUB com portas USB, já para a transmissão de energia para os equipamentos utilizados como monitor, HUB USB sem fio e a unidade de dois contatos para até 4 A.

Para a realização dos aperfeiçoamentos identificados como necessários para um melhor funcionamento do SDE do Centro de Microgravidade-PUCRS, foi realizada a aquisição de dois materiais: um moto-redutor e um inversor de frequência.

Foi escolhido um Moto-redutor angular *Spiroplan*® (*SEW Eurodrive - WF10 DT56M4*), com alimentação de 380V (trifásico) e potência de 0,1

kW, a qual permite uma rotação de até 1640 rpm a 60 Hz, uma redução de 8:1.

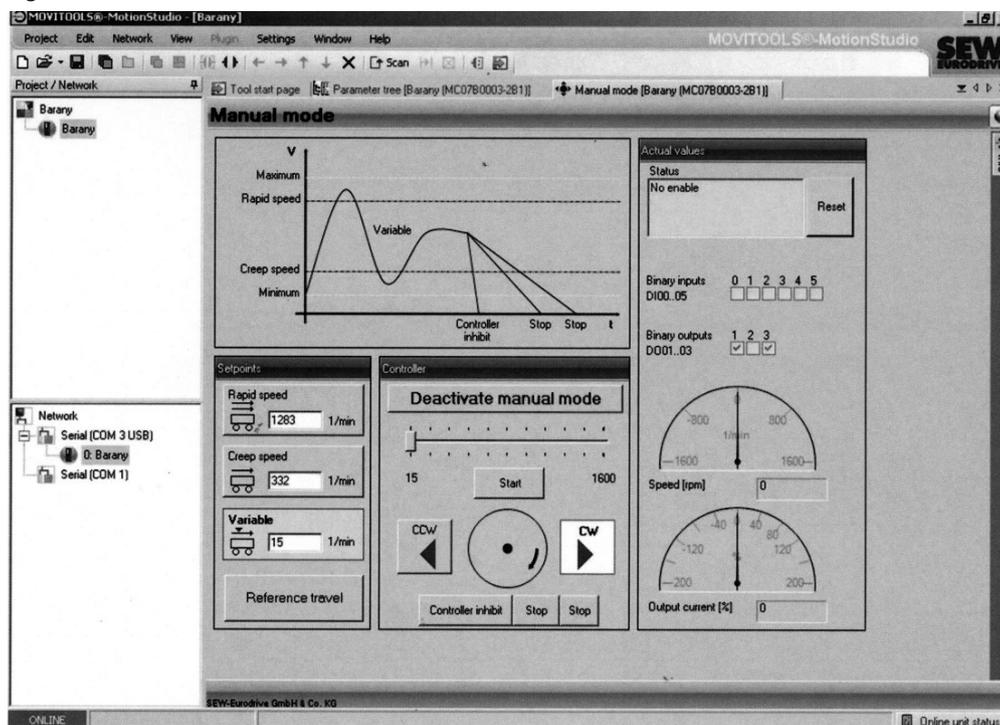
Para o controle de acionamento, aceleração e velocidade de rotação do motor, foi utilizado um inversor de frequência *MOVTRAC*® (*SEW Eurodrive MC07B0003-2B1-4-00*), com potência de 250 W, conexão de rede trifásica de 380 V_{CA}.

O sistema possui um controle manual (*SEW Eurodrive FBG11B*) que permite a programação das condições de rotação do moto-redutor (rotação máxima desejada, tipo de motor e rampas de aceleração e desaceleração). Além do controle manual, o inversor também possui interface RS485/Sbus - FSC11B para computador, que possibilita o controle do mesmo pelo aplicativo *Movitools MotionStudio v. 5.70* da *SEW Eurodrive* conforme Figura 8. Através dele, podem ser configurados remotamente todos os parâmetros disponíveis no inversor.

4.2 Métodos

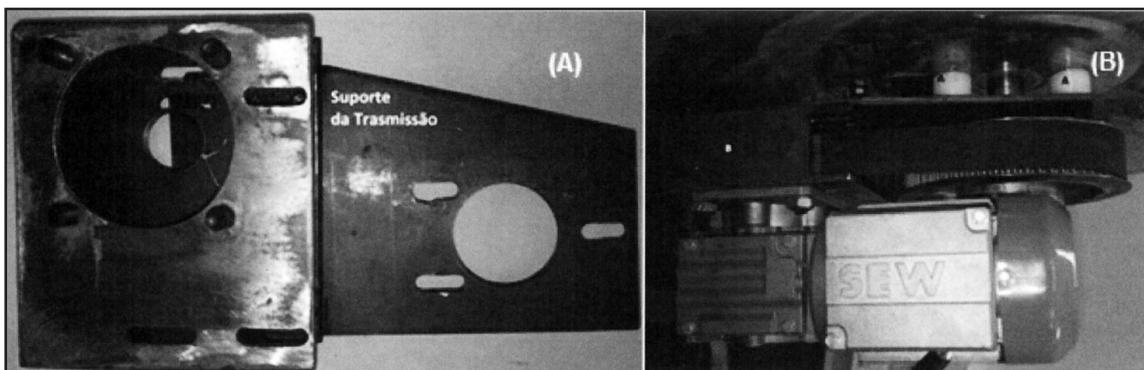
Foram realizadas, em relação ao projeto desenvolvido por Alves (2008), três modificações principais no projeto do SDE: atualização do sistema de controle, confecção de um novo suporte para o motor e a reforma do sistema mecânico de sustentação e giro da cadeira. O limite de massa dos voluntários foi estabelecido em 90 kg.

Figura 8: Interface do *software Movitools MotionStudio v. 5.70* da *Sew-Eurodrive*.



Fonte: O autor.

Figura 9: Suporte de fixação para o motor elétrico. (A) suporte de fixação, (B) conjunto de transmissão.



Fonte: O autor.

4.2.1 Atualização do sistema de controle

Foram removidos do sistema existente o motor de corrente contínua e o sistema de controle por modulação de largura de pulso (PWM), sendo esses substituídos pelo moto-redutor instrumentado e pelo inversor de frequência digital adquiridos. Dessa forma, o controle de parâmetros, como velocidade de rotação, rampas de aceleração e desaceleração e limites de potência entregues ao motor passaram a ser configurados por meio do aplicativo para *Windows MotionStudio v. 5.70*.

4.2.2 Confeção do suporte para o motor

Para fixar o novo motor, foi necessária a confecção de um suporte. A peça foi desenhada com auxílio do *software Solidworks®* e, então, foi construído um *mock-up* em madeira MDF para realização dos ajustes necessários. O suporte, em sua versão final, foi confeccionado em aço carbono 1020, com espessura de 6,35 mm, e soldado com eletrodo revestido 6013. Após a finalização dessa etapa, o suporte foi fixado juntamente com o moto-redutor e a transmissão entre o motor e o eixo da cadeira. Duas polias de canal trapezoidal e de correia de perfil trapezoidal modelo “A29”, presentes no projeto anterior, foram utilizadas, produzindo uma relação de 5:1 entre o motor e o eixo. Na Figura 9A pode ser visualizado o suporte de fixação e na Figura 9B o conjunto de transmissão montado.

4.2.3 Reforma do sistema mecânico

Foi necessário reformar a estrutura mecânica de forma a solucionar problemas de folga, principalmente axial e radial nos mancais de escorregamento e rolamento. Essa folga gerava vibrações durante o giro, possibilitando a percepção do movimento pelo voluntário durante experimentos.

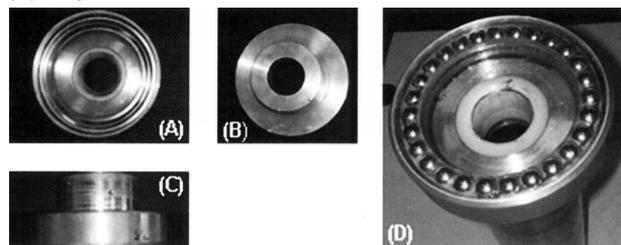
Assim, foram realizadas as seguintes modificações: 1) a fixação do eixo na cadeira; 2) a remanufatura do eixo e; 3) a reforma dos mancais de rolamento e escorregamento.

Na base de sustentação do assento da cadeira, foi aparafusado um disco em aço SAE 1020. Nesse disco, foi fixado um bloco circular em aço e esse, por sua vez, foi soldado eletricamente ao eixo da cadeira, possibilitando, assim, uma maior estabilidade durante o movimento.

O novo eixo foi confeccionado em aço SAE 1020 em um torno mecânico, com 900 mm de comprimento e 30 mm de diâmetro externo, possuindo uma furação interna passante. Essa furação, além de diminuir o peso, aumentou a resistência à solicitação de flexão.

A estrutura apresentava mancais do tipo misto (rolamento e escorregamento), sendo o rolamento axial de esferas de escora simples. No centro da peça, havia uma bucha de nylon, a qual funcionava como mancal de escorregamento e, ao mesmo tempo, de guia para o eixo. As modificações realizadas se concentraram no mancal (Figura 10), que teve seu posicionamento invertido, diminuindo a interferência mecânica e, assim, melhorando a performance do giro do eixo. A bucha em nylon teve o seu diâmetro aumentado, por intermédio de um alargador, de forma a se ajustar ao diâmetro do novo eixo.

Figura 10: Vistas do mancal. (A) superior; (B) inferior; (C) lateral; (D) conjunto montado.



Fonte: O autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparativamente com o SDE desenvolvido por esse projeto, as soluções apresentadas por Ko (2003) e Byun (2010) não permitem a movimentação do indivíduo para realização de oscilações de cabeça, utilizadas por diferentes protocolos de pesquisa. Ainda, as soluções demonstradas por Vesticon (2014) e Embry-Riddle (2014), apesar de possuírem maior número de recursos, exigem um amplo espaço físico e maior infraestrutura e treinamento para sua operação.

O SDE do Centro de Microgravidade, desde a sua primeira concepção em 2001, sofreu evoluções alinhadas às necessidades de pesquisas propostas no campo da desorientação espacial e do treinamento de estudantes e pilotos no entendimento dos seus efeitos no ser humano.

Entre as pesquisas realizadas, a avaliação de medicamentos no combate aos sintomas da cinetose aeroespacial realizado por Russomano (2005) e a respectiva análise da performance cognitiva decorrente dessa associação, investigado por Subasinghe (2013), possibilitaram um melhor entendimento desses efeitos. A aplicação de incrementos tecnológicos e eletrônicos também oportunizou a busca da quantificação da desorientação espacial.

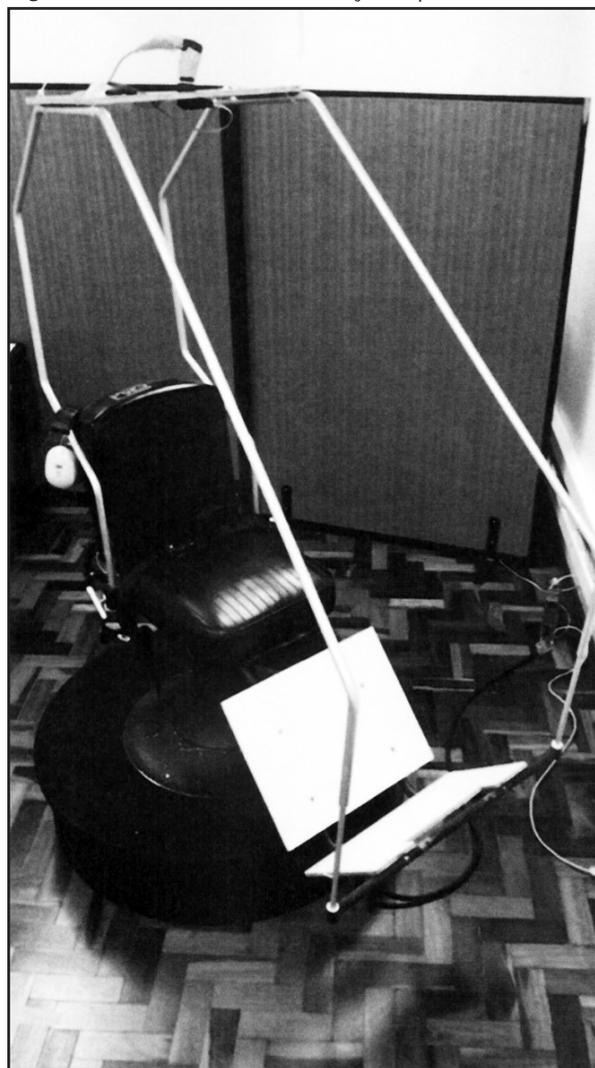
O SDE apresentado no presente artigo (Figura 11) possibilita o estabelecimento de um protocolo de testes fisiológicos mais preciso, pois permite o controle das rampas de aceleração e desaceleração (controle proporcional e integral) do movimento rotatório. Em comparação com o sistema baseado em PWM e motor de corrente contínua utilizado por Alves (2008), o inversor de frequência e motor de corrente alternada do presente sistema permitiram a troca do sentido de giro e um torque mais constante no eixo.

O *software Movitools MotionStudio v. 5.70 da Sew-Eurodrive*, fabricante desse motor e inversor, possibilitou o acesso a uma interface de controle mais completa, porém acessível, em que o usuário pode modificar as variáveis de configuração de forma rápida e amigável. Na versão anterior, uma interface composta por um potenciômetro e dois *displays* de sete segmentos permitia apenas definir a rotação por minuto desejada e verificar a rotação atual.

A remanufatura do eixo da cadeira e de seus mancais trouxe uma maior estabilidade do movimento, tornando o SDE mais fluido e silencioso e, assim, facilitando a desorientação do voluntário, que passou a ter menos referências externas quando comparado com as versões anteriores.

O SDE desenvolvido foi utilizado com sucesso para a realização de um estudo com seres humanos, o qual avaliou a variação da performance cognitiva dos voluntários quando expostos à desorientação por rotação, em uma pesquisa em cooperação com o grupo do *Centre of Human Aerospace and Physiological Sciences (CHAPS)*, *King's College London*, do Reino Unido.

Figura 11: Simulador de Desorientação Espacial atual.



Fonte: O autor.

6 CONCLUSÃO

Simuladores de desorientação espacial são uma ferramenta valiosa no estudo da resposta fisiológica humana ao conflito de informações recebidas pelos sistemas vestibular, visual, auditivo e tátil durante voos aéreos, especialmente à noite ou em situações de baixa luminosidade.

O SDE desenvolvido pelo Centro de Microgravidade e apresentado nesse trabalho é o resultado de mais de uma década de experiência na realização de pesquisas internacionalmente reconhecidas sobre desorientação espacial.

A frenagem magnética, a inversão de direção de movimento e o controle fino de velocidade e aceleração, características presentes apenas nessa versão do simulador, possibilitaram ao SDE atender às necessidades estabelecidas por protocolos de pesquisas clínico-fisiológicas.

Para projetos futuros, sugere-se a inclusão de um sistema de realidade virtual para ampliar as aplicações do SDE e o fechamento da malha de controle por meio da inclusão de *encoders* de posição absoluta.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. V. **Desenvolvimento de um sistema para quantificação da desorientação espacial**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 223p.
- BENSON, A. J. **Orientation/disorientation training of flying personnel: a working group report**. ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT NEUILLY-SUR-SEINE (FRANCE), 1974.
- BENSON, A. J.; DIAZ, E.; FARRUGIA, P. The perception of body orientation relative to a rotating linear acceleration vector. **Fortschritte der Zoologie**, v. 23, n. 1, p. 264, 1975.
- BENSON, A. J., **Human control performance and tolerance, with a preliminary historical review of flight simulation**, CC Clark - National Meeting on Manned Space Flight, 1998.
- BYUN, J. Y. et al. Role of subjective visual vertical test during eccentric rotation in the recovery phase of vestibular neuritis. **Auris Nasus Larynx**, v. 37, n. 5, p. 565-569, 2010.
- CLARK, B. Disorientation incidents reported by military pilots across fourteen years of flight. In: **The Disorientation Incident. Conference Report CP**. 1971. p. A1.
- CLARK, B.; GRAYBIEL, A. Disorientation: A cause of pilot error. **Bureau of Medicine and Surgery Research Report No. NM**, v. 1, n. 110, p. 100, 1955.
- CLARK, B.; NICHOLSON, M. A.; GRAYBIEL, A. Fascination: a cause of pilot error. **Journal of Aviation Medicine**, v. 24, n. 5, p. 429-440, 1953.
- ENTICOTT, J. C.; O'LEARY, S. J.; BRIGGS, R. J. S. Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. **Otology & Neurotology**, v. 26, n. 2, p. 265-269, 2005.
- EMBRY-RIDDLE. **GAT-II Spatial Disorientation Flight Training Device**. 2014. Disponível em: <<http://daytonabeach.erau.edu/about/fleet-simulators/the-gat-ii/index.html>>. Acesso em: 06 nov. 2014.
- FLACK, M.; BOWDLER, A. P. The medical problems of flying. **Medical Research Council**, Special Report Series, n. 53, 1920.
- GESSINGER, R. P. **Aperfeiçoamento da cadeira eletricamente controlada e seu uso no estudo do equilíbrio humano**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KIRKHAM, W. R. et al. Spatial disorientation in general aviation accidents. **Aviation, space, and environmental medicine**, 1978.
- KO, J.S. et al. Precision speed control of PMSM for stimulation of the vestibular system using rotatory chair. **Mechatronics**, v. 13, n. 5, p. 465-475, 2003.
- PARKER, D. E. The vestibular apparatus. **Scientific American**, 1980.
- PIEDEDE, L. A.; RUSSOMANO, T. **Cadeira de Bárány como modelo de desorientação espacial**. 2001. 101 f. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RUSSOMANO, T. et al. Aperfeiçoamento e validação de simulador de desorientação espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, 2005. p. 97-103.
- RUSSOMANO, T. **Fisiologia aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança**. EDIPUCRS, 2012.
- STEELE-PERKINS, A. P.; EVANS, D. A. Disorientation in naval helicopter pilots. In **Operational Helicopter Aviation Medicine. Conference Proceedings CP 255**, 48, 1-5. Neuilly sur Seine: AGARD/NATO, 1978.
- SUBASINGHE, T.; GREEN, D. A.; RUSSOMANO, T. **Impact of Spatial Disorientation on Concurrent Cognitive Tasks**. 2013. 47 f. 2013. Dissertação de Mestrado, School of Biomedical Science, King's College London, Londres, Reino Unido.
- TORMES, F. R.; GUEDRY, F. E. **Disorientation phenomena in naval helicopter pilots**. Pensacola, FL: **US Naval Aerospace Medical Research Laboratory**. Report, 1974.
- TREDICI, T. J. Visual illusions as a probable cause of aircraft accidents. **Spatial Disorientation in Flight: Current Problems**, 1980.
- VESTICON. **Epley Omniax® System**. 2014. Disponível em:< <http://www.vesticon.com/epley-omniax-system>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

Improvement of a spatial disorientation simulator based on the concept of Bárány

Perfeccionamiento de un simulador de desorientación espacial basado en el concepto de Bárány

Aperfeiçoamento de um simulador de desorientação espacial baseado no conceito de Bárány

Thais Russomano, PhD
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
trussomano@hotmail.com

Luiz Alberto Piedade, Doctor
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
piedade9@terra.com.br

Paulo Antônio Guimarães Lanzini Lopes
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
pagllopes@brturbo.com.br

Ingrid Gradaschi Lamadrid
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
ingridlamadrid@gmail.com

Leandro Disiuta, Master
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
ldisiuta@gmail.com

Ricardo Bertoglio Cardoso, Master
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
ricardo.cardoso@puhrs.br

Júlio César Marques de Lima, Master
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
jclima@puhrs.br

Col Vescia Alves, Master
Microgravity Center - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brazil
cloer@terra.com.br

Received / Recibido / Recebido
02/14/14

Accepted / Aceptado / Aceito
03/06/14

ABSTRACT

Spatial disorientation is a condition in which a pilot is unable to accurately determine the aircraft position relative to the airspace surrounding it or to the ground surface, putting at risk the flight safety. All individuals are susceptible to this experience, especially when flying at night or in adverse weather conditions. Therefore, this project aimed to make improvements to a Spatial Disorientation Simulator (SDS) based on the concept of Bárány, to facilitate pilot training and enable aerospace physiology research to take place. To this end, a survey was conducted on the limitations presented by the control software and hardware, and on the mechanical structure of the existing MicroG Centre simulator, from which were identified those features requiring improvement. The resultant SDS is equipped with magnetic braking, direction reversal and fine control of speed and acceleration, features found only in this version of the simulator, which enabled it to meet the needs established by aerospace physiology study protocols. This work results from more than a decade of experience conducting research in spatial disorientation, for which international recognition has been achieved. The data presented demonstrated the positive impact of the improvements achieved in conducting clinical-physiological research.

Keywords: Simulator. Spatial disorientation. Concept of Bárány. Air accident.

RESUMEN

La desorientación espacial es una condición en la cual un piloto no puede determinar, con precisión, la localización de la aeronave en relación al ambiente aéreo y a la superficie terrestre, colocando en riesgo la seguridad del vuelo. Todas las personas son susceptibles a ella, especialmente cuando vuelan de noche o en condiciones meteorológicas adversas. De esa forma, este trabajo tuvo como objetivo el perfeccionamiento de un Simulador de Desorientación Espacial (SDE), con base en el concepto de Bárány, para el entrenamiento de pilotos y realización de investigaciones en fisiología aeroespacial. Para eso, se realizó un relevamiento de las limitaciones presentadas por el hardware y software de control y por la estructura mecánica del SDE existente en el Centro de Microgravedad de la PUCRS. Después de esa etapa, fueron definidas cuales mejoras serian contempladas. El SDE resultante de este estudio permitió el frenado magnético, inversión de dirección de movimiento y control fino de velocidad y aceleración, características presentes solamente en esta versión del simulador, lo que permitió al mismo atender las necesidades establecidas por protocolos de estudios en fisiología aeroespacial. Este trabajo representa más de una década de experiencia en la realización de investigaciones en desorientación espacial, obteniendo resultados con reconocimiento internacional. Los datos presentados demostraron el impacto positivo de los perfeccionamientos alcanzados en la realización de investigaciones clínico-fisiológicas.

Palabras-clave: Simulator. Desorientación espacial. Concepto de Bárány. Accidente Aéreo.

RESUMO

A desorientação espacial é uma condição na qual um piloto não pode determinar, acuradamente, a localização da aeronave em relação ao ambiente aéreo e à superfície terrestre, colocando em risco a segurança do voo. Todas as pessoas são suscetíveis a ela, especialmente quando voam à noite ou em condições meteorológicas adversas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo o aperfeiçoamento de um Simulador de Desorientação Espacial (SDE), com base no conceito de Bárány, para o treinamento de pilotos e realização de pesquisas em fisiologia aeroespacial. Para tanto, foi realizado um levantamento das limitações apresentadas pelo hardware e software de controle e pela estrutura mecânica do SDE existente no Centro de Microgravidade da PUCRS. Após essa etapa, foram definidas quais melhorias seriam contempladas. O SDE resultante deste estudo permitiu a frenagem magnética, inversão de direção de movimento e controle fino de velocidade e aceleração, características presentes apenas nessa versão do simulador, o que possibilitou ao mesmo atender às necessidades estabelecidas por protocolos de estudos em fisiologia aeroespacial. Este trabalho representa mais de uma década de experiência na realização de pesquisas em desorientação espacial, tendo seus resultados obtido reconhecimento internacional. Os dados apresentados demonstraram o impacto positivo dos aperfeiçoamentos alcançados na realização de pesquisas clínico-fisiológicas.

Palabras-clave: Simulador. Desorientação espacial. Concelto de Bárány. Acidente aéreo.

1 INTRODUCTION

The human physiology adaptation capacity to different environments, other than land, is not limited. In a flight, for instance, references for balance and orientations are different from those used in land, which causes a conflict of information and reduction or loss of spatial orientation capacity (BENSON, 1998).

In the English publication *Medical Problems of Flying* (FLACK, 1920), there was already a concern with the study on corporal balance and orientation in aeronautical environments. Global aviation reports that around 10% of aerial accidents are caused by spatial disorientation, and approximately 90% of them are fatal (CLARK, 1971, 1955, 1953; KIRKHAM, 1978; TREDICI, 1980). In face of the impossibility of a physiological adaptation to disorientation in flights, this phenomenon prevention is optimized, in order to minimize spatial disorientation participation in the genesis of air accidents (PARKER, 1980; RUSSOMANO, 2012).

Spatial disorientation or “pilot vertigo” is a condition where the pilot cannot determine, with precision, the aircraft location against the aerial environment and earth surface. All pilots are susceptible to it, particularly when they fly at night or under adverse meteorological conditions.

According to Benson (1974, 1975), spatial disorientation has been a constant phenomenon in pilots routine. Practical classes administered in aviation courses attempt to demonstrate the effects of different types of spatial disorientation that may occur in flights. For that, simulators are used, based on concept of Bárány, where spatial disorientation occurs by means of the use of a set of angle stimulation of the vestibular system in its three levels.

In general, this device consists of a chair assembled on a platform with a rotary axis that makes it rotate in a controlled way. However, one important limitation is the fact that chairs are usually driven manually, thus resulting in an undesired oscillation of angle acceleration, which may assist in the pilot spatial orientation and therefore invalidating the test.

2 OBJECTIVE

The objective of this work was the improvement of a Spatial Disorientation Simulator (SDS) control

and mechanic systems, based on concept of Bárány, developed by PUCRS Microgravity Center Aerospace Engineering Laboratory, for training of pilots and use in aerospace physiology researches.

3 LITERATURE REVIEW

The literature review approaches the most relevant aspects of the different types of spatial disorientation and illusion connected to the vestibular system, as well as the technique developed by Robert Bárány for demonstration and study.

3.1 Spatial disorientation during a flight

Aeronautical accidents are many times caused by spatial disorientation during the flight. There are three basic types of spatial disorientation that pilots may experience:

Type I (not acknowledged): the pilot doesn't know that he is disoriented or that he lost the situation awareness and this is very dangerous, for the pilots keeps on piloting the airplane normally and will do nothing to correct the problem. In sum, it means that the pilot commands the airplane according to a wrong perception of the orientation. It is said that the pilot “dies with a smile”.

Type II (acknowledged) is more common than Type I. In it, the pilot is aware that there is a problem and that his sensorial system is providing information that are not in accordance with those provided by the flight instruments. Thus, pilots capacitation to these situations has shown to be an important tool, for, by acknowledging the spatial disorientation, the pilot can take correct measures, based on the reading of the aircraft instruments.

Type III (incapacitant), the pilot is exposed to a more stressing form of disorientation, because, though he is aware of the disorientation, it is very intense, making impossible any reaction.

Table 1 shows the number of experiences reported in one study performed by Clark (1971) on spatial disorientations experienced by pilots.

Table 1: Experiences in flights related to spatial disorientation, based on questionnaires carried out with 137 pilots (1956) and 321 pilots (1970).

Pilots who reported incidents in (%)	1956	1970
Feeling that one of the wings is lower while they are both leveled.	60	67
In leveling after banked curve tends to bank to the opposite direction.	45	67
Feels that it is leveled while performing the curve.	39	66
Confusion of information from instruments and visual information.	34	31
While recovering from a sharp curve, feels rotation in opposite direction.	29	55
Feeling of isolation and separation from land when in high altitude (break-off).	23	33
In a dark night, illuminated point below seems to be moving deviously.	21	23
Failure in checking of altimeter and gets too close to land.	12	12

Source: adapted from Clark (1971).

Table 2 summarizes, by means of questionnaires analysis, the experience of spatial disorientation of 104 pilots from North American Navy (USN) (TORMES, 1974), 182 pilots from British Royal Air Force (RN1) (STEELE-PERKINS, 1978) and 300 pilots from British Royal Navy (RN2) (TORMES, 1974).

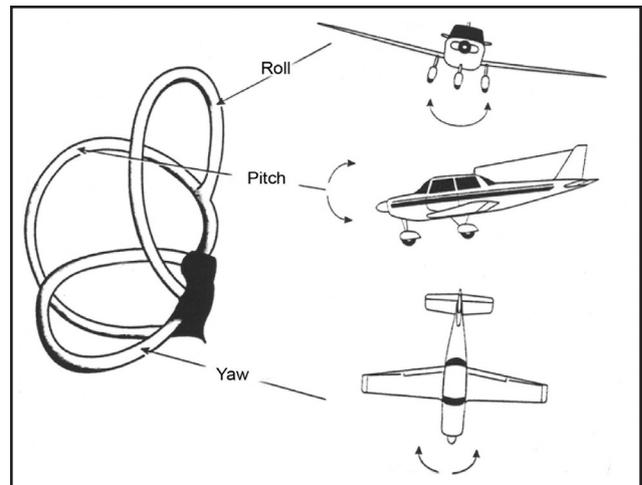
Table 2: Percent of pilots who experienced disorientation, based on questionnaires analysis.

Classification	SN	RN1	RN2
Feeling of not being leveled after performing a curve.	91	96	94
Error in relative position or airship movement in night approximation.	58	73	74
Error in real horizon interpretation in maneuver within a cloud.	47	46	45
Error in altitude interpretation soon after airship take-off.	21	34	38
Error in real horizon interpretation for observing lights on land.	33	28	15
Feeling of being suspended in space.	*	19	16
Feeling of instability (balancing on a knife edge).	*	*	18

Source: adapted from Tormes (1974) and Steele-Perkins (1978).

Spatial disorientations may occur due to the illusion by linear acceleration or illusion by rotational acceleration, focus of this study. The portion of the vestibular system responsible for rotational balance perception is the semicircular canals, of internal ear, located next to utricle and saccule. Semicircular canals are divided into: anterior, posterior and horizontal, and are disposed in right angles among each other, representing the three Cartesian space planes. Each semicircular canal presents dilation in each of its ends, called ampulla, where its mechanic/electric transducer is located - the crista ampullaris. Each crista ampullaris contains hair cells, and on its superior portion, there is a gelatinous mass called cupula, covered with hair cells. Bathing the crista ampullaris, there is endolymph (liquid that fills semicircular canals, in its membranous portion). The endolymph flow in the ampulla, generated by head inclination, stimulates the hair cells, indicating the movement direction. The illusion by rotational acceleration, as can be observed in Figure 1, displays the relation of the human vestibular system semicircular canals with the three Cartesian space planes and the airship movements.

Figure 1: Space planes.

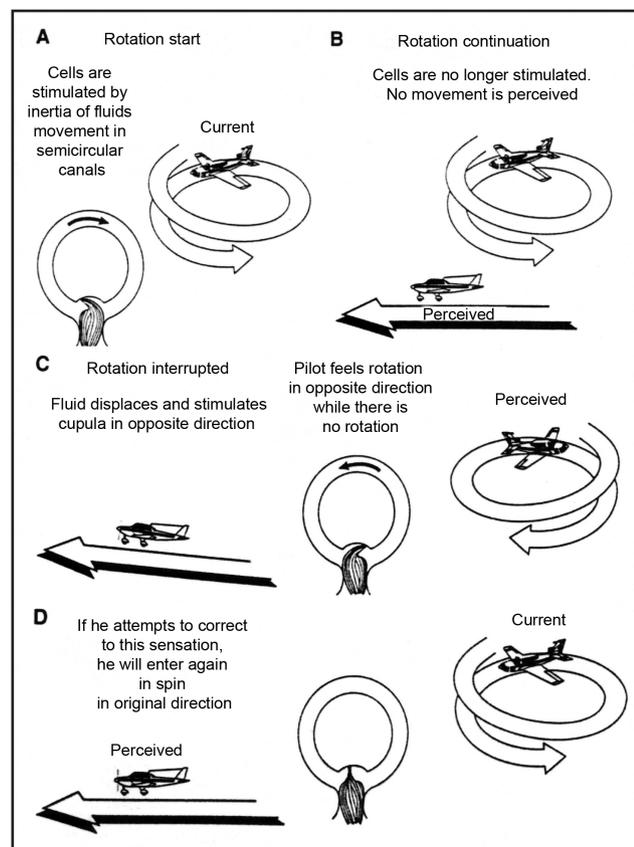


Source: Piedade (2001).

A common illusion of vestibular system (Graveyard Spin), associated to rotational acceleration, occurs when the pilot makes a spin in one rotation direction and semicircular canals identify the spin direction, making the pilot perceive the rotation. After some seconds, in case there is no variation in acceleration magnitude, the rotation feeling decreases gradually

and disappears, giving the impression that the airship is no longer in a curve. When the pilot leaves the maneuver, by inertia, endolymph, which keeps on rotating, bending the crista ampullaris (transducer), creates the false impression that the individual is rotating in opposite direction (feeling that the pilot has over-corrected the rotation). At this moment, the pilot rotates again in the original direction, without leaving the spin, and thus causing the accident. In Figure 2A, the cupula, semicircular canals structure responsible for identifying the rotational movement, is stimulated by endolymph inertia and, in Figure 2B, angle acceleration is null and movement is not perceived. While leveling the airplane, the pilot perceives, by endolymph inertia, a rotation direction opposite to that of the maneuver, and the feeling is that the rotation was wrongly made (Figure 2C). The pilot then corrects the false perception, once again making a spin, in the original direction (Figure 2D).

Figure 2: (A) Maneuver start, (B) continuation, (C) airplane leveling, (D) spatial disorientation.



Source: Piedade (2001).

Spatial disorientation, however, is not restrict to the interaction among environment, man and airplane.

Helicopters are also object of studies, because the same types of spatial disorientation may occur in helicopters as well (STEELE-PERKINS, 1978; TORMES, 1974).

3.2 Spatial disorientation Simulator – concept of Bárány

SDS is a device employed to carry out spatial disorientation testing, particularly for pilots and aeronautical sciences colleges' students.

Ko (2003) shows the development of the model and control system for de-centralized SDSs, where vestibule-ocular reflex is measured by cameras (Figure 3).

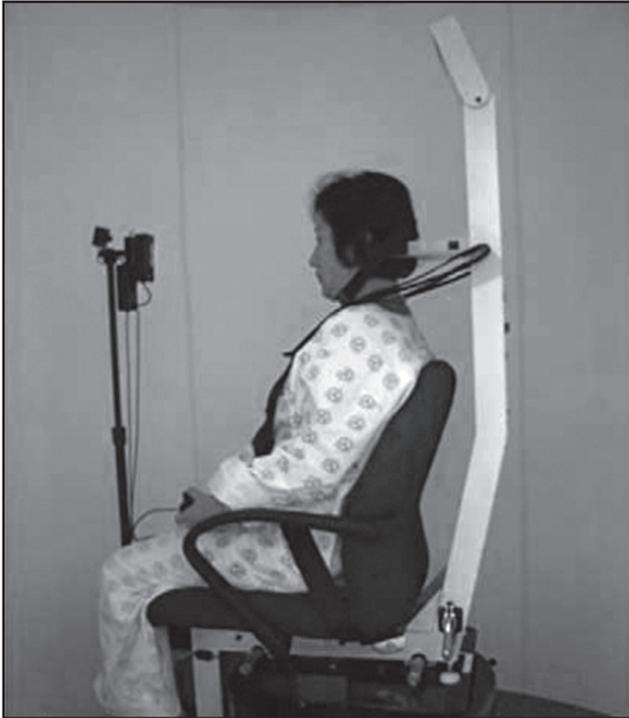
Figure 3: Rotational chair with inclined plane.



Source: Ko (2003).

Different SDSs are already available in the market by dedicated companies. Enticott (2005) and Byun (2010) demonstrate the use of the Micromedical Technologies System 2000 Rotational Chair device, where different rotation protocols for stimulation of disorientation are explored (Figure 4).

Figure 4: Micromedical Technologies System 2000 device.



Source: Byun (2010).

Epley Omniax, developed by Vesticon, makes possible, in addition to rotation, the patient inclination from 0° to 360° (Figure 5).

Figure 5: Vesticon Epley Omniax® System .



Source: Vesticon (2014).

Complementary to stimulation and measurement of disorientation by ocular movement, some equipment already make possible the assessment

of the individual in simulated situations, like flight. GAT-II by Environmental Tectonics employs a flight Simulator and a stylized version of an airplane cabin in order to create an environment similar to actual flight (Figure 6).

Figure 6: GAT-II - training system developed by Environmental Tectonics Corporation.



Source: Embry-Riddle (2014).

In PUCRS, based on the need of practical training of students in aero spatial physiology and of performing simulation of conditions faced by astronauts, the Engineering College Microgravity Center (FENG) of Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), through its Aerospacial Engineering Laboratory, has developed, in 2001, its own SDS prototype (PIEDADE, 2001), which was later improved by Gessinger (2005), Alves (2008) and the present study.

4 MATERIALS AND METHODS

In order to define the improvement required to the disorientation system, a survey of limitations presented by the control hardware and software and by the SDS mechanic structure was carried out. At the end of this stage, the improvements to be contemplated were defined.

So, through review of studies performed in the Microgravity Center by Piedade (2001), Gessinger (2005), Russomano (2005) and Alves (2008) the main limitations appointed in protocols developed and results obtained with regard to volunteers' disorientation were compared. In order to enrich the data found, multidisciplinary discussions were arranged with members of the Aerospacial Physiology Laboratory, the biomedical engineering group from the Aerospacial Physiology Laboratory and the Microgravity Center Research, Development and Innovation Coordination.

4.1 Materials

Materials used in this study to improve the Spatial Disorientation Simulator are presented and described below.

4.1.1 Spatial disorientation System

The first SDS version (Figure 7A) of PUCRS Microgravity Center was conceived by Piedade (2001) and presented an external motor set, adapted to the chair axis, composed of crown, pinion and chain. Internally, on the structure central axis, a pair of chock bearings was adapted in order to reduce engine axis attrition. In order to fix the seat, a plate was welded on the top of the central axis, where it was bolted. So as to minimize the chair unbalance and allow for more safety of the volunteer during the rotation, head and feet supports were introduced and a two-point belt. The power line system consisted of one 24V direct current electric engine, with nominal rotation of 3000 rpm and reduction factor 15:1. The transmission of movement between engine and axis was made possible by two pulleys of trapezoidal channel, with a trapezoidal profile belt "A29", generating a 5:1 relation between the motor pulley and driven pulley, and a maximum final rotation of the system of 40 rpm. The engine control was performed with a PWM (Pulse-Width Modulation) circuit, 10 kHz frequency and capacity to deliver up to 10A current. It was fed

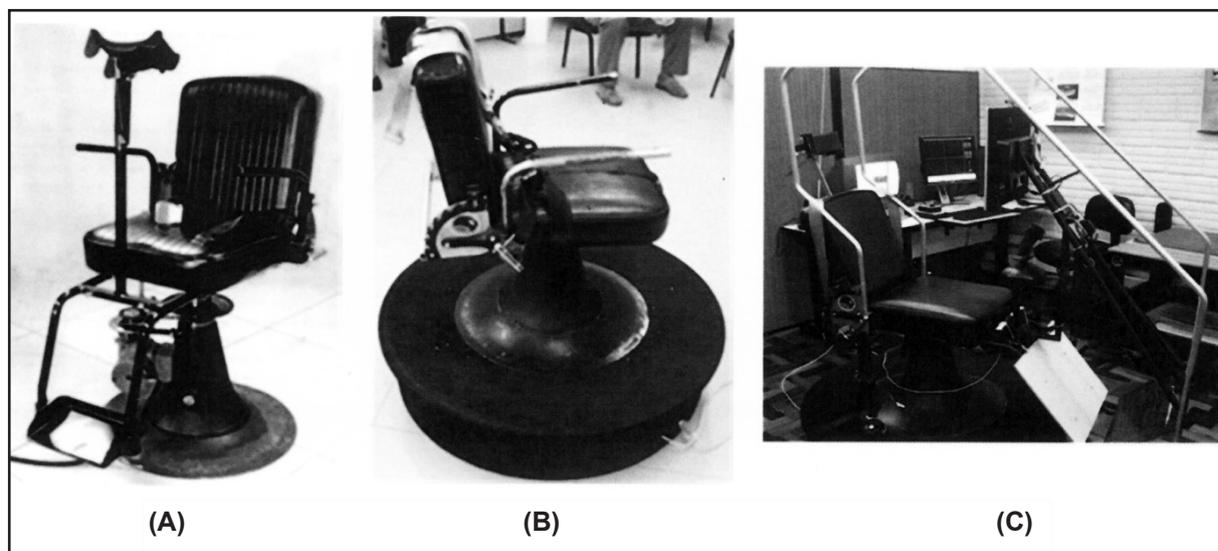
by a voltage source with 220 V_{CA} entry and 24 V_{CC} adjustable exit.

The system was equipped with a tachometer, composed of a voltage generator micro processed by a 89C2051 controller, which provided the number of turns through the variation of a certain level of electric voltage.

The second version (Figure 7B), improved by Gessinger (2005), introduced a wooden round platform, with internal acoustic coating, used as support to the chair. The motor set was moved to the platform interior, reducing considerably transmission noises and providing more stability to the chair. This reduction has made possible avoid the volunteer to obtain a sound point for spatial orientation. On the seat laterals, a dented safety lock was adapted, in steel 1020, scaled in 15° intervals, which made possible the chair backrest angulation between 0 and 90 degrees. Another resource added was a support to legs and feet, which, along with backrest inclination, made possible the use of supine position during experiments. A five-point belt was included in the structure, replacing the previous one, and ensuring more stability to the volunteer, regardless of the inclination angle used in the chair.

The third version (Figure 7C), developed by Alves (2008), promoted a modernization of the chair instrumentation, allowing for a more comprehensive assessment of the volunteer physiologic responses, as well as his performance, in the different situations expected in a flight.

Figure 7: (A) SDS by Piedade (2001), (B) SDS by Gessinger (2005), (C) SDS by Alves (2008).



Source: Alves (2008).

In order to create a cockpit situation on the chair, a structure was developed using aluminum tubes to support a rubber imitation leather (blackout), in beige, minimizing external environment influence factors (sound, air and chiefly luminosity). One 19 incher LCD monitor and one joystick with USB interface were fixed to that structure, letting the volunteer, by means of Microsoft® software Flight Simulator X, control the wheel of a virtual airship in different simulated flight. A camera with infrared light was installed to capture volunteer images during the experiments, in order to assess his reactions. For USB data transmission, a WUSB (Wireless USB) device was used, which is a wireless version of a HUB with USB ports, for power transmission to equipment used like monitor, wireless HUB USB, and the two contact unit for up to 4A was used.

To carry out the improvements identified as required for a better functioning of SDS from PUCRS Microgravity Center, two materials were acquired: a gear motor and a frequency inverter.

The Spiroplan®(SEW Eurodrive - WF10 DT56M4) angular gear motor was chosen, with 380V (three phase) feed and power of 0.1 kW, which produces a rotation of up to 1640 rpm at 60 Hz, a 8:1 reduction.

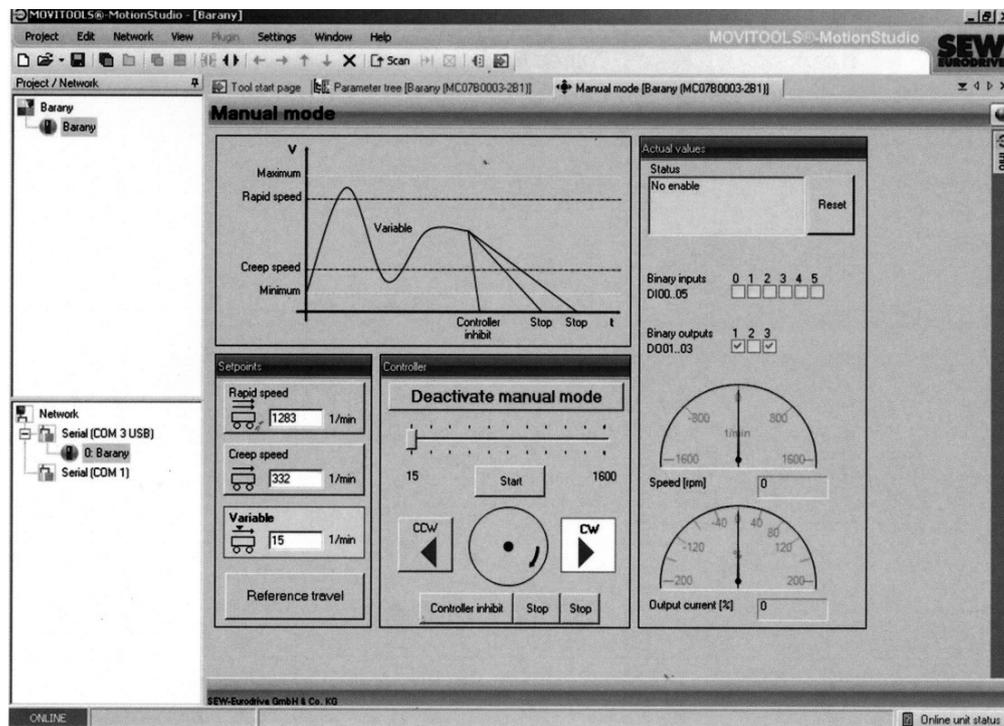
For the motor driving, acceleration and rotation speed control, the frequency inverter MOVITRAC® (SEW Eurodrive MC07B0003-2B1-4-00) was used, with 250 W power, and three-phase line of 380 V_{CA}.

The systems counts on a manual control (SEW Eurodrive FBG11B) that makes possible the gear motor rotation conditions programming (maximum desired rotation, type of engine and acceleration and deceleration ramps). In addition to the manual control, the inverter has also a RS485/Sbus - FSC11B interface for computer, which allows for its control via Sew-Eurodrive Movitools MotionStudio v. 5.70 application, as shown in Figure 8. All parameters available in the inverter may be remotely configured with it.

4.2 Methods

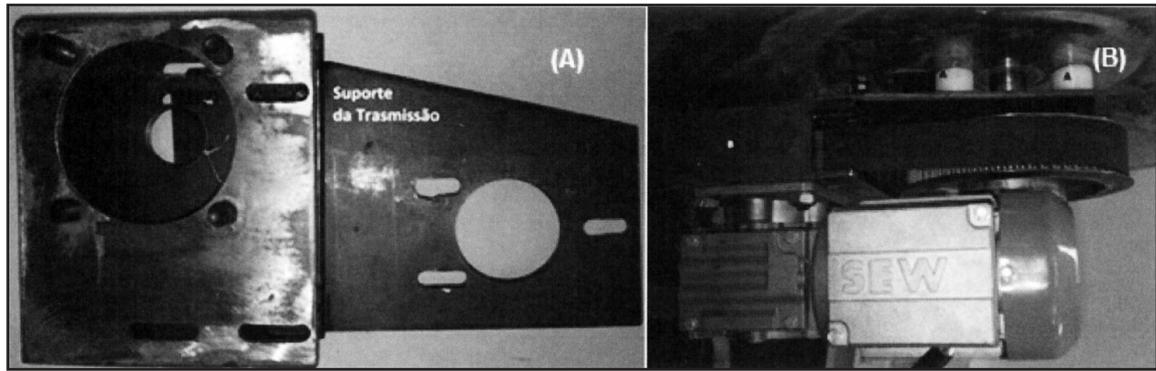
Three main changes were made in the SDS project developed by Alves (2008): updating of control system, confection of a new support to the engine and reform of chair support and rotation mechanic system. The limit for volunteers mass was 90 kg.

Figure 8: Sew-Eurodrive Movitools MotionStudio v. 5.70 software interface.



Source: The author.

Figure 9: Fixation support to electric motor. (A) fixation support, (B) drive set.



Source: The author.

4.2.1 Updating of control system

The direct current motor and the control system by pulse width modulation (PWM) were removed from the existing system, and were replaced by the instrumented gear motor and by the digital frequency inverter acquired. Thus, parameters control, like rotation speed, acceleration and deceleration ramps and power limits delivered to the motor started to be configured by the Windows MotionStudio v. 5.70 application.

4.2.2 Confection of support to motor

In order to fix the new motor, the confection of a support was necessary. The part was designed with assistance of Solidworks® software and, then a mock-up in MDF wood to carry out the required adjustments. The support, in its final version, was confectioned in carbon steel 1020, with 6.35 mm thickness, and welded with shielded metal 6013. After this stage conclusion, the support was fixed along with the gear motor and the drive between motor and chair axis. Two trapezoidal channel pulleys with trapezoidal profile belt model “A29”, present in the previous project, were used, producing a 5:1 relation between the motor and the axis. In Figure 9A the fixation support can be viewed and in Figure 9B the assembled drive set.

4.2.3 Mechanic system reform

Reformation of the mechanic structure was necessary to solve back-lash problems, chiefly axial and radial, in sliding and rolling bearings. This back-lash generated vibrations during

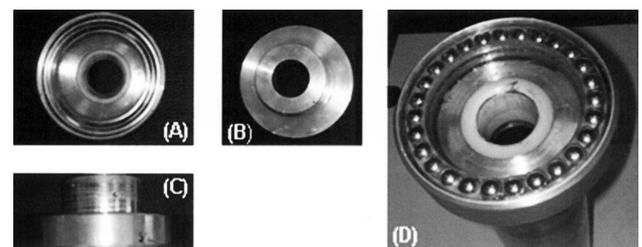
rotation, allowing movement perception by the volunteer during the experiments. So, the following changes were made: 1) chair axis fixation; 2) a remanufacture of axis and; 3) reform of rolling and sliding bearings.

At the chair seat sustaining base, a disk in steel SAE 1020 was bolted. On this disk, a round block in steel was fixed and this, in its turn, was electrically welded to the chair axis, thus providing more stability during the movement.

The new axis was confectioned in steel SAE 1020 on a bench lathe, with 900 mm in length and 30 mm external diameter, with passing internal holes. These holes, in addition to reduce the weight, increase resistance to flexion demand.

The structure presented bearings of mixed type (rolling and sliding), with axial ball bearing with simple stay. At the part center, there was a nylon bush that worked as sliding bearing, and, at the same time, as guide to the axis. Changes performed were concentrated on the bearing (Figure 10), which had its position inverted, reducing the mechanic interference and, so, improving the axis rotation performance. The nylon bush had its diameter increased, with the use of an extension lead, so as to adjust it to the new axis diameter.

Figure 10: View of bearing. (A) superior; (B) inferior; (C) lateral; (D) assembled set.



Source: The author.

5 RESULTS AND DISCUSSION

Comparing to the SDS developed by this project, solutions presented by Ko (2003) and Byun (2010) do not allow the individual movement to perform head oscillations, used by different research protocols. Solutions demonstrated by Vesticon (2014) and Embry-Riddle (2014), though having a higher number of resources, require a larger physical space and larger infrastructure and more training for their operation.

The Microgravity Center SDS, since its first conception in 2001, has suffered evolutions aligned to the research needs proposed in spatial disorientation field, and training of students and pilots in the understanding of its effects on the human being.

Among the researches performed, the assessment of medications in the fight against kinetosis symptoms by Russomano (2005) and the respective cognitive performance analysis resulting from this association, investigated by Subasinghe (2013), have yielded a better understanding of these effects. The application of technologic and electronic increments have also promoted the search for spatial disorientation quantification.

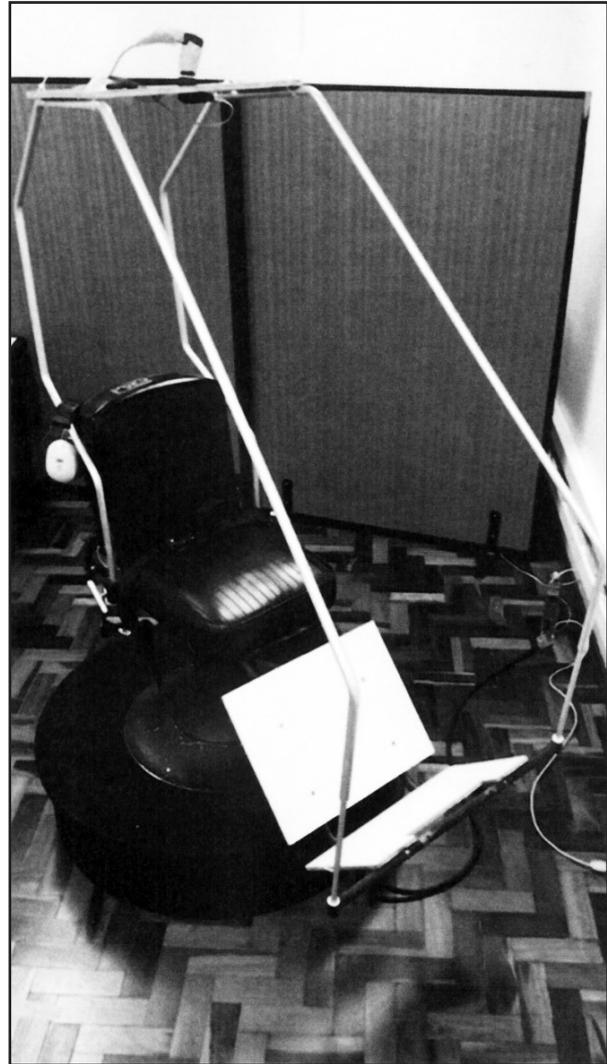
The SDS presented in the present article (Figure 11) enables the establishment of a more precise physiological testing protocol, for it makes possible the control of acceleration and deceleration ramps (proportional and integral control) of the rotation movement. Compared to the system based on PWM and direct current motor used by Alves (2008), the frequency inverter and alternating current motor of the present system have made possible the change of rotation direction and a more constant torque on axis.

The Movitools MotionStudio v. 5.70 software, by Sew-Eurodrive, manufacturer of this motor and inverter, has made possible the access to a more complete control interface, more accessible, where the user may change, quicker and more friendly, configuration variables. In the previous version, an interface composed of one potentiometer and two displays with seven segments allowed only the definition of the desired rotation per minute and checking of current rotation.

The re-fabrication of the chair axis and its bearings has conferred more stability to the movement, making the SDS more fluid and silent, and so facilitating the disorientation of the volunteer, who then had less external references as compared to previous versions.

The SDS developed was used, with success, to carry out a study with human beings, which has validated the cognitive performance variation of volunteers, when exposed to disorientation by rotation, in a research performed with cooperation from the Centre of Human Aerospace and Physiological Sciences (CHAPS), King's College London, United Kingdom.

Figure 11: Current spatial disorientation simulator.



Source: The author.

6 CONCLUSION

Spatial disorientation simulators are a valuable tool in study of human physiological response to the conflict of information received by vestibular, visual, auditory and tactile systems during flights, particularly at night or in low luminosity situations.

The SDS developed by the Microgravity Center and presented in this work is the result from over a decade of spatial disorientation researches, internationally acknowledged.

The magnetic braking, movement direction inversion and speed and acceleration fine control, characteristics exclusive to this Simulator version, have made this SDS meet the needs established by clinical-physiological protocols.

For future projects, we suggest the inclusion of a virtual reality system to extend the SDS applications and the closing of control mesh by means of inclusion of absolute position encoders.

REFERENCES

- ALVES, C. V. **Desenvolvimento de um sistema para quantificação da desorientação espacial**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 223p.
- BENSON, A. J. **Orientation/disorientation training of flying personnel: a working group report**. ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT NEUILLY-SUR-SEINE (FRANCE), 1974.
- BENSON, A. J.; DIAZ, E.; FARRUGIA, P. The perception of body orientation relative to a rotating linear acceleration vector. **Fortschritte der Zoologie**, v. 23, n. 1, p. 264, 1975.
- BENSON, A. J., **Human control performance and tolerance, with a preliminary historical review of flight simulation**, CC Clark - National Meeting on Manned Space Flight, 1998.
- BYUN, J. Y. et al. Role of subjective visual vertical test during eccentric rotation in the recovery phase of vestibular neuritis. **Auris Nasus Larynx**, v. 37, n. 5, p. 565-569, 2010.
- CLARK, B. Disorientation incidents reported by military pilots across fourteen years of flight. In: **The Disorientation Incident. Conference Report CP**. 1971. p. A1.
- CLARK, B.; GRAYBIEL, A. Disorientation: A cause of pilot error. **Bureau of Medicine and Surgery Research Report No. NM**, v. 1, n. 110, p. 100, 1955.
- CLARK, B.; NICHOLSON, M. A.; GRAYBIEL, A. Fascination: a cause of pilot error. **Journal of Aviation Medicine**, v. 24, n. 5, p. 429-440, 1953.
- ENTICOTT, J. C.; O'LEARY, S. J.; BRIGGS, R. J. S. Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. **Otology & Neurotology**, v. 26, n. 2, p. 265-269, 2005.
- EMBRY-RIDDLE. **GAT-II Spatial Disorientation Flight Training Device**. 2014. Disponível em: <<http://daytonabeach.erau.edu/about/fleet-simulators/the-gat-ii/index.html>>. Acesso em: 06 nov. 2014.
- FLACK, M.; BOWDLER, A. P. The medical problems of flying. **Medical Research Council**, Special Report Series, n. 53, 1920.
- GESSINGER, R. P. **Aperfeiçoamento da cadeira eletricamente controlada e seu uso no estudo do equilíbrio humano**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KIRKHAM, W. R. et al. Spatial disorientation in general aviation accidents. **Aviation, space, and environmental medicine**, 1978.
- KO, J.S. et al. Precision speed control of PMSM for stimulation of the vestibular system using rotatory chair. **Mechatronics**, v. 13, n. 5, p. 465-475, 2003.
- PARKER, D. E. The vestibular apparatus. **Scientific American**, 1980.
- PIEPADE, L. A.; RUSSOMANO, T. **Cadeira de Bárány como modelo de desorientação espacial**. 2001. 101 f. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RUSSOMANO, T. et al. Aperfeiçoamento e validação de simulador de desorientação espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, 2005. p. 97-103.
- RUSSOMANO, T. **Fisiologia aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança**. EDIPUCRS, 2012.
- STEELE-PERKINS, A. P.; EVANS, D. A. Disorientation in naval helicopter pilots. In **Operational Helicopter Aviation Medicine. Conference Proceedings CP 255**, 48, 1-5. Neuilly sur Seine: AGARD/NATO, 1978.
- SUBASINGHE, T.; GREEN, D. A.; RUSSOMANO, T. **Impact of Spatial Disorientation on Concurrent Cognitive Tasks**. 2013. 47 f. 2013. Dissertação de Mestrado, School of Biomedical Science, King's College London, Londres, Reino Unido.
- TORMES, F. R.; GUEDRY, F. E. **Disorientation phenomena in naval helicopter pilots. Pensacola, FL: US Naval Aerospace Medical Research Laboratory**. Report, 1974.
- TREDICI, T. J. Visual illusions as a probable cause of aircraft accidents. **Spatial Disorientation in Flight: Current Problems**, 1980.
- VESTICON. **Epley Omniax® System**. 2014. Disponível em:< <http://www.vesticon.com/epley-omniax-system>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

Perfeccionamiento de un simulador de desorientación espacial basado en el concepto de Bárány

Improvement of a spatial disorientation simulator based on the concept of Bárány

Aperfeiçoamento de um simulador de desorientação espacial baseado no conceito de Bárány

Thais Russomano, PhD
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
trussomano@hotmail.com

Luiz Alberto Piedade, Doctor
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
piedade9@terra.com.br

Paulo Antônio Guimarães Lanzini Lopes
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
pagllopes@brturbo.com.br

Ingrid Gradaschi Lamadrid
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ingridlamadrid@gmail.com

Leandro Disiuta, Maestro
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ldisiuta@gmail.com

Ricardo Bertoglio Cardoso, Maestro
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
ricardo.cardoso@puhrs.br

Júlio César Marques de Lima, Maestro
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
jclima@puhrs.br

Cel Med Cloer Vescia Alves, Maestro
Centro de Microgravedad - PUCRS
Porto Alegre/RS - Brasil
cloer@terra.com.br

Recibido / Received / Recebido
14/02/14

Aceptado / Accepted / Aceito
06/03/14

RESUMEN

La desorientación espacial es una condición en la cual un piloto no puede determinar, con precisión, la localización de la aeronave en relación al ambiente aéreo y a la superficie terrestre, colocando en riesgo la seguridad del vuelo. Todas las personas son susceptibles a ella, especialmente cuando vuelan de noche o en condiciones meteorológicas adversas. De esa forma, este trabajo tuvo como objetivo el perfeccionamiento de un Simulador de Desorientación Espacial (SDE), con base en el concepto de Bárány, para el entrenamiento de pilotos y realización de investigaciones en fisiología aeroespacial. Para eso, se realizó un relevamiento de las limitaciones presentadas por el *hardware* y *software* de control y por la estructura mecánica del SDE existente en el Centro de Microgravedad de la PUCRS. Después de esa etapa, fueron definidas cuales mejoras serian contempladas. El SDE resultante de este estudio permitió el frenado magnético, inversión de dirección de movimiento y control fino de velocidad y aceleración, características presentes solamente en esta versión del simulador, lo que posibilitó al mismo atender las necesidades establecidas por protocolos de estudios en fisiología aeroespacial. Este trabajo representa más de una década de experiencia en la realización de investigaciones en desorientación espacial, obteniendo resultados con reconocimiento internacional. Los datos presentados demostraron el impacto positivo de los perfeccionamientos alcanzados en la realización de investigaciones clínico-fisiológicas.

Palabras-clave: Simulador. Desorientación espacial. Concepto de Bárány. Accidente aéreo.

ABSTRACT

Spatial disorientation is a condition in which a pilot is unable to accurately determine the aircraft position relative to the airspace surrounding it or to the ground surface, putting at risk the flight safety. All individuals are susceptible to this experience, especially when flying at night or in adverse weather conditions. Therefore, this project aimed to make improvements to a Spatial Disorientation Simulator (SDS) based on the concept of Bárány, to facilitate pilot training and enable aerospace physiology research to take place. To this end, a survey was conducted on the limitations presented by the control software and hardware, and on the mechanical structure of the existing MicroG Centre simulator, from which were identified those features requiring improvement. The resultant SDS is equipped with magnetic braking, direction reversal and fine control of speed and acceleration, features found only in this version of the simulator, which enabled it to meet the needs established by aerospace physiology study protocols. This work results from more than a decade of experience conducting research in spatial disorientation, for which international recognition has been achieved. The data presented demonstrated the positive impact of the improvements achieved in conducting clinical-physiological research.

Keywords: Simulator. Spatial disorientation. Concept of Bárány. Air accident.

RESUMO

A desorientação espacial é uma condição na qual um piloto não pode determinar, acuradamente, a localização da aeronave em relação ao ambiente aéreo e à superfície terrestre, colocando em risco a segurança do voo. Todas as pessoas são suscetíveis a ela, especialmente quando voam à noite ou em condições meteorológicas adversas. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo o aperfeiçoamento de um Simulador de Desorientação Espacial (SDE), com base no conceito de Bárány, para o treinamento de pilotos e realização de pesquisas em fisiologia aeroespacial. Para tanto, foi realizado um levantamento das limitações apresentadas pelo hardware e software de controle e pela estrutura mecânica do SDE existente no Centro de Microgravidade da PUCRS. Após essa etapa, foram definidas quais melhorias seriam contempladas. O SDE resultante deste estudo permitiu a frenagem magnética, inversão de direção de movimento e controle fino de velocidade e aceleração, características presentes apenas nessa versão do simulador, o que possibilitou ao mesmo atender às necessidades estabelecidas por protocolos de estudos em fisiologia aeroespacial. Este trabalho representa mais de uma década de experiência na realização de pesquisas em desorientação espacial, tendo seus resultados obtido reconhecimento internacional. Os dados apresentados demonstraram o impacto positivo dos aperfeiçoamentos alcançados na realização de pesquisas clínico-fisiológicas.

Palavras-chave: Simulador. Desorientação espacial. Conceito de Bárány. Acidente aéreo.

1 INTRODUCCIÓN

No se elimina la capacidad de adaptación de la fisiología humana a otros ambientes, que no sea el terrestre. En un vuelo, por ejemplo, las referencias para el equilibrio y la orientación son diferentes de los utilizados en tierra, lo que ocasiona un conflicto de informaciones y provoca la disminución o pérdida de la capacidad de orientación espacial (BENSON, 1998).

En la publicación inglesa *Medical Problems of Flying* (FLACK, 1920), ya había una preocupación por estudiar el equilibrio y la orientación corporal en el medio aeronáutico. La aviación mundial refiere que cerca de 10% de los accidentes aéreos tiene como causa la desorientación espacial, siendo que de esos, aproximadamente 90% son fatales (CLARK, 1971, 1955, 1953; KIRKHAM, 1978; TREDICI, 1980). Frente a la imposibilidad de haber una adaptación fisiológica a la desorientación en vuelos, se optimiza la prevención de ese fenómeno, con el objetivo de minimizar la participación de la desorientación espacial en la génesis de accidentes aéreos (PARKER, 1980; RUSSOMANO, 2012).

La desorientación espacial o “vértigo de piloto” es una condición en la cual un piloto no puede determinar, con precisión, la localización de la aeronave en relación al ambiente aéreo y a la superficie terrestre. Todos los pilotos son susceptibles a ella, especialmente cuando vuelan de noche o en condiciones meteorológicas adversas.

De acuerdo con Benson (1974, 1975), la desorientación espacial ha sido un fenómeno constante en la rutina de los pilotos. Clases prácticas impartidas en los cursos de aviación intentan demostrar los efectos de diferentes tipos de desorientación espacial pasibles de ocurrir en vuelos. Para eso, son usados simuladores, con base en el concepto de Bárány, en que la desorientación espacial ocurre por medio de la utilización de un conjunto de estimulación angular del sistema vestibular en sus tres planos.

En general, ese dispositivo consiste en una silla montada en una plataforma con un eje rotatorio, que permite girarla de forma controlada. Sin embargo, una limitación importante es el hecho de que las sillas son comúnmente accionadas de forma manual, resultando, así, en una oscilación indeseada de la aceleración angular, lo que puede auxiliar en la orientación espacial del piloto, invalidando la prueba.

2 OBJETIVO

Este trabajo tuvo como objetivo el perfeccionamiento de los sistemas de control y mecánico de un Simulador de

Desorientación Espacial (SDE), con base en el concepto de Bárány, desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Aeroespacial del Centro de Microgravedad de la PUCRS, para el entrenamiento de pilotos y el uso en la realización de investigaciones en fisiología aeroespacial.

3 REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión de la literatura aborda los aspectos más relevantes relativos a los diferentes tipos de desorientación e ilusiones espaciales relacionadas al sistema vesicular, así como la técnica desarrollada por Robert Bárány para su demostración y su estudio.

3.1 Desorientación espacial en vuelo

Los accidentes aeronáuticos son muchas veces ocasionados por la desorientación espacial durante el vuelo. Hay tres tipos básicos de desorientación espacial que pueden sufrir los pilotos:

Tipo I (no reconocido): el piloto no sabe que está desorientado o que perdió la consciencia situacional, siendo eso muy peligroso, pues el mismo continúa pilotando la aeronave normalmente y nada hará para corregir el problema. En suma, eso significa que el piloto comanda la aeronave de acuerdo con una errónea percepción en relación a la orientación. Se dice que el piloto “muere con una sonrisa en la cara”.

El Tipo II (reconocida) es más común que el Tipo I. En ella, el piloto tiene conocimiento de que existe un problema y que su sistema sensorial está dando informaciones que no están de acuerdo con las disponibles por los instrumentos de vuelo. Si el piloto consigue manejar ese conflicto, podrá ser evitado el accidente o incidente aéreo. De ese modo, la capacitación de los pilotos en relación a esas situaciones se ha mostrado una herramienta importante, pues, reconociendo que la desorientación espacial está aconteciendo, el piloto puede tomar actitudes correctas, a partir de la lectura de los instrumentos de la aeronave.

En el Tipo III (incapacitante), el piloto es expuesto a la forma más estresante de desorientación, pues, a pesar de estar consciente de la desorientación, la misma es muy intensa, imposibilitando cualquier reacción.

La Tabla 1 muestra el número de experiencias relatadas en un estudio realizado por Clark (1971) sobre desorientaciones espaciales sufridas por pilotos.

Tabla 1: Experiencias en vuelos relativas a la desorientación espacial, basadas en cuestionarios realizados con 137 pilotos (1956) y 321 pilotos (1970).

Pilotos que reportaron incidentes en (%)	1956	1970
Sensación que una de las alas está más baja mientras las alas están niveladas.	60	67
No nivelamiento después de curva inclinada tiende a inclinar en la dirección opuesta.	45	67
Siente que está nivelado cuando está haciendo una curva.	39	66
Confusión de informaciones entre instrumentos e información visual.	34	31
Al recuperar de una curva acentuada, siente el giro en dirección opuesta.	29	55
Sentimiento de aislamiento y separación de la tierra en alta altitud (<i>break-off</i>).	23	33
En noche oscura, punto iluminado abajo parece estar moviéndose erráticamente.	21	23
Falla en la comprobación del altímetro y llega muy cerca del suelo.	12	12

Fuente: adaptado de Clark (1971).

La Tabla 2 resume, por medio del análisis de cuestionarios, la experiencia de desorientaciones espaciales sufridas por 104 pilotos de la Marina Norteamericana (USN) (TORMES, 1974), 182 pilotos de la Fuerza Aérea Real Británica (RN1) (STEELE-PERKINS, 1978) y 300 pilotos de la Marina Real Británica (RN2) (TORMES, 1974).

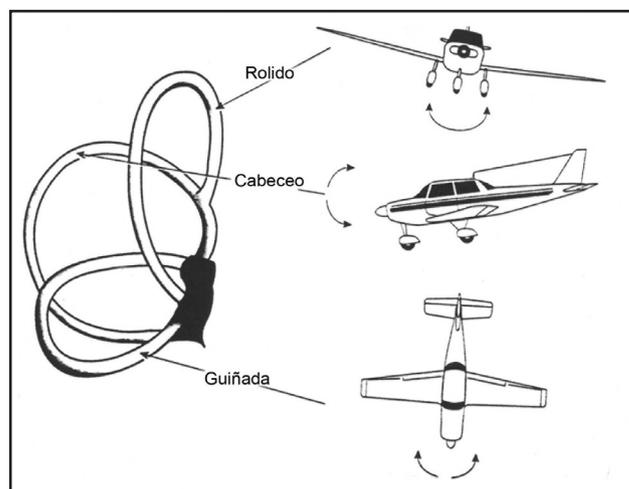
Tabla 2: Porcentaje de pilotos que tuvieron experiencia de desorientación, basado en el análisis de cuestionarios.

Clasificación	SN	RN1	RN2
Sensación de que no está nivelado después de hacer una curva.	91	96	94
Error en la posición relativa o movimiento de la nave en aproximación nocturna.	58	73	74
Error en la interpretación del horizonte verdadero en maniobra dentro de nube.	47	46	45
Error de interpretación de la altitud enseguida del despegue de la nave.	21	34	38
Error de interpretación del horizonte verdadero por observar luces en tierra.	33	28	15
Sensación de estar suspendido en el Espacio.	*	19	16
Sensación de inestabilidad (equilibrándose en el filo de la navaja).	*	*	18

Fuente: adaptado de Tormes (1974) y Steele-Perkins (1978).

Las desorientaciones espaciales pueden ocurrir debido a la ilusión por aceleración lineal o ilusión por aceleración rotacional, foco de este estudio. La porción del aparato vestibular responsable por la percepción del equilibrio rotacional son los canales semicirculares, del oído interno, situados cerca del utrículo y el sáculo. Los canales semicirculares son divididos en: anterior, posterior y horizontal, siendo dispuestos en ángulos rectos entre sí, representando los tres planos cartesianos del espacio. Cada canal semicircular tiene una dilatación en una de sus extremidades, llamada de ampolla, donde se localiza su transductor mecánico/eléctrico, la cresta ampollar. Cada cresta ampollar contiene células ciliares, y en su porción superior, hay una masa gelatinosa llamada cúpula, recubierta con células pilosas. Bañando la cresta ampollar, existe la endolinfa (líquido que llena los canales semicirculares, en su porción membranosa). El flujo de la endolinfa en la ampolla, generado por la inclinación de la cabeza, estimula las células ciliadas, indicando la dirección del movimiento. La ilusión por aceleración rotacional, como puede ser vista en la Figura 1, muestra la relación de los canales semicirculares del sistema vestibular humano con los tres planos espaciales cartesianos y los movimientos de la aeronave.

Figura 1: Planos espaciales.

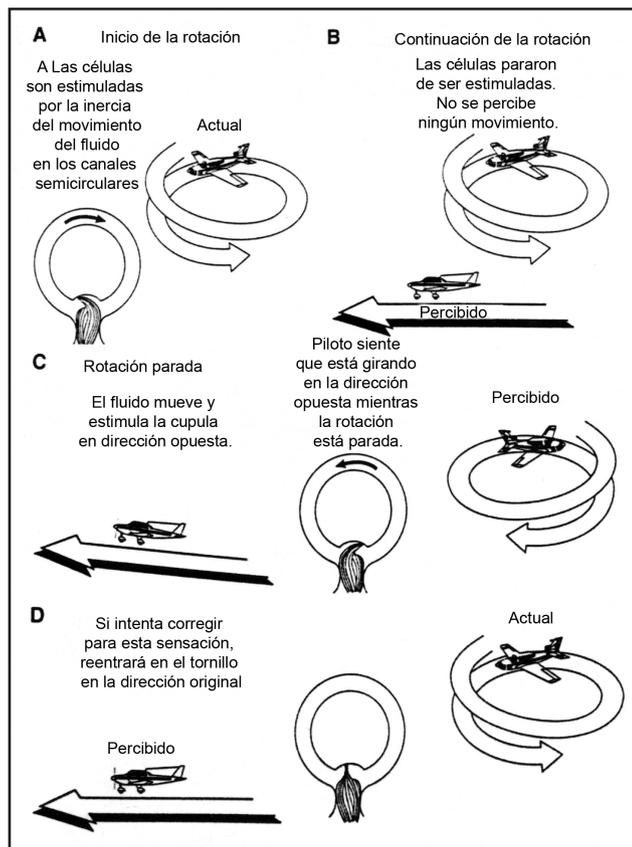


Fuente: Piedade (2001).

Una ilusión común del sistema vestibular (*Graveyard Spin*), asociada a la aceleración rotacional, ocurre cuando el piloto hace un tornillo en una dirección de giro y los canales semicirculares identifican la dirección del tornillo, haciendo que el piloto perciba la rotación. Después de algunos segundos, si no hay variación en la magnitud de la aceleración, la sensación

de rotación va disminuyendo hasta desaparecer, dando la impresión de que la aeronave no está más en curva. Cuando el piloto sale de la maniobra, por inercia, la endolinfa, que continua girando flexionando la cresta ampollar (transductor), da la falsa impresión de que el individuo está girando en dirección opuesta (sensación de que el piloto corrigió demasiado el giro). En ese momento, el piloto vuelve a girar en la dirección original, sin salir del tornillo, ocasionando el accidente. En la Figura 2A, la cúpula, estructura de los canales semicirculares responsable por identificar el movimiento rotacional, es estimulada por la inercia de la endolinfa y, en la Figura 2B, la aceleración angular es nula y el movimiento no es percibido. Al nivelar el avión, el piloto percibe, por la inercia de la endolinfa, un sentido de giro opuesto al de la maniobra, y la sensación es de que el giro fue hecho erróneamente (Figura 2C). El piloto entonces corrige la falsa percepción, entrando nuevamente en tornillo, en la dirección original (Figura 2D).

Figura 2: (A) Inicio de la maniobra, (B) continuación, (C) nivelado del avión, (D) desorientación espacial.



Fuente: Piedade (2001).

La desorientación espacial, sin embargo, no se restringe a la interacción ambiente, hombre

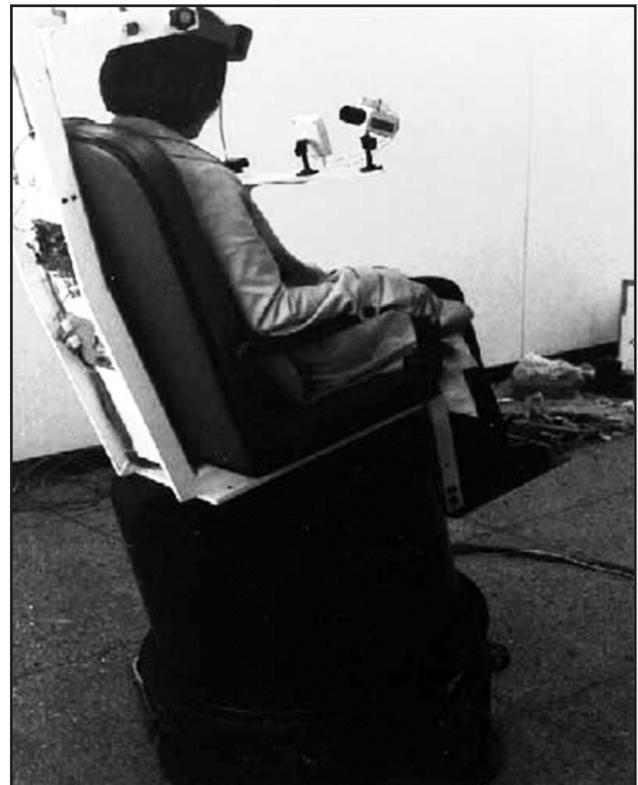
y avión. Helicópteros también son blancos de estudios, pues pueden ocasionar los mismos tipos de desorientación espacial (STEELE-PERKINS, 1978; TORMES, 1974).

3.2 Simulador de desorientación espacial – concepto de Bárány

El SDE es un dispositivo utilizado para realizar pruebas de desorientación espacial, particularmente para pilotos y estudiantes de facultades de ciencias aeronáuticas.

Ko (2003) muestra el desarrollo del modelo y sistema de control para SDEs descentralizados, donde el reflejo vestibulo-ocular es mensurado por medio de cámaras (Figura 3).

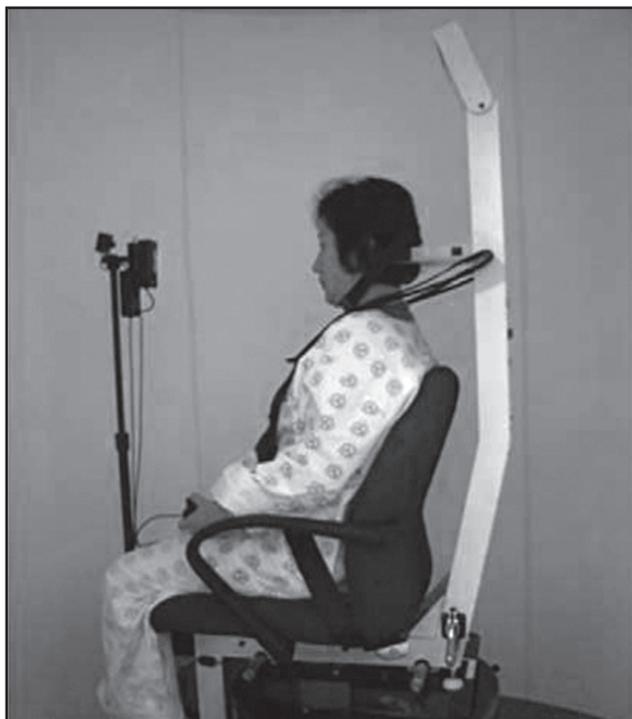
Figura 3: Silla rotatoria con plano inclinado.



Fuente: Ko (2003).

Algunas empresas especializadas ya ofrecen en el mercado diferentes SDEs . Enticott (2005) y Byun (2010) demuestran la utilización del dispositivo Micromedical Technologies System 2000 Rotational Chair, donde se exploran diferentes protocolos de rotación para estímulo de la desorientación (Figura 4).

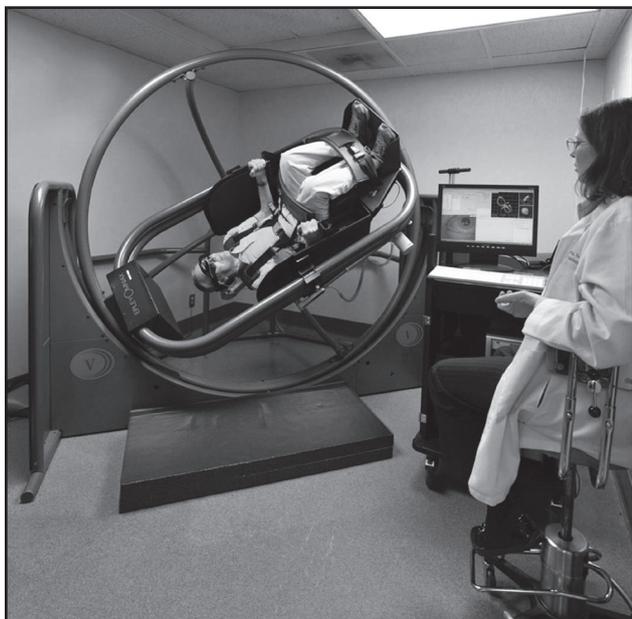
Figura 4: Dispositivo de Micromedical Technologies System 2000.



Fuente: Byun (2010).

El Epley Omniax, desarrollado por la empresa Vesticon, posibilita, además de la rotación, la inclinación del paciente de 0° a 360° (Figura 5).

Figura 5: Sistema Epley Omniax® de la empresa Vesticon.



Fuente: Vesticon (2014).

Complementariamente al estímulo y mensuración de la desorientación por el movimiento ocular, algunos equipamientos ya posibilitan la evaluación del individuo

en situaciones simuladas, como el vuelo. El GAT-II de Enviromenmtal Tectoniks emplea un simulador de vuelo y una versión estilizada de una cabina de aeronave para crear un ambiente más parecido al vuelo real (Figura 6).

Figura 6: Sistema de entrenamiento GAT-II desarrollado por la empresa Environmental Tectonics Corporation.



Fuente: Embry-Riddle (2014).

En la PUCRS, basado en la necesidad del entrenamiento práctico de los alumnos en fisiología aeroespacial y de realizarse la simulación de las condiciones enfrentadas por astronautas, el Centro de Microgravedad de la Facultad de Ingeniería (FENG) de la Pontificia Universidad Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), por medio de su Laboratorio de Ingeniería Aeroespacial, desarrolló, en 2001, su primer prototipo del SDE (PIEADADE, 2001), siendo ese posteriormente perfeccionado por Gessinger (2005), Alves (2008) y por el presente estudio.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de definir el perfeccionamiento necesario para el sistema de desorientación, se realizó un relevamiento de las limitaciones presentadas por el *hardware* y *software* de control y por la estructura mecánica del SDE. Con la conclusión de esta etapa, fueron definidas cuales mejoras que serían contempladas.

Así, por medio de la revisión de los estudios realizados en el Centro de Microgravedad por Piedade (2001), Gessinger (2005), Russomano (2005) y Alves (2008) se comparó las principales limitaciones apuntadas en los protocolos desarrollados y en los resultados obtenidos sobre la desorientación de los voluntarios. De forma de enriquecer los datos encontrados, fueron organizadas discusiones multidisciplinarias con integrantes del Laboratorio de Fisiología Aeroespacial, del grupo de ingeniería biomédica del Laboratorio de Ingeniería Aeroespacial y de la Coordinación de Investigación y Desarrollo e Innovación del Centro de Microgravedad.

4.1 Materiales

Los materiales utilizados en este estudio para perfeccionar el Simulador de Desorientación Espacial serán presentados y descritos a continuación.

4.1.1 Sistema de desorientación espacial

La primera versión del SDE (Figura 7A) del Centro de Microgravedad de la PUCRS fue idealizada por Piedade (2001) y poseía un conjunto motor externo, adaptado en el eje de la silla, compuesto de corona, piñón y cadena. Internamente, en el eje central de la estructura, fue adaptado un par de cojinetes de empuje, con el fin de disminuir la fricción del eje del motor. Para fijar el asiento, se soldó una chapa en la parte superior del eje central, en el cual el mismo fue atornillado. De forma de minimizar el desbalanceo de la silla y posibilitar una mayor seguridad del voluntario durante el giro, fueron introducidos un apoyo para la cabeza, un soporte para los pies y un cinto de dos puntos. El sistema de transmisión de fuerza consistía en un motor eléctrico de corriente continua de 24 V, con rotación nominal de 3000 rpm y factor de reducción de 15:1. La transmisión de movimiento entre el motor y el eje fue posibilitada por medio de dos poleas de canal trapezoidal, con una correa de perfil trapezoidal "A29", generando una relación de 5:1 entre la polea motora y la movida y una rotación final máxima del sistema de 40 rpm. El control del motor fue realizado por un circuito PWM (*Pulse-Width Modulation*), en una frecuencia de 10 kHz y con capacidad de ofrecer hasta 10 A de corriente. El mismo era alimentado

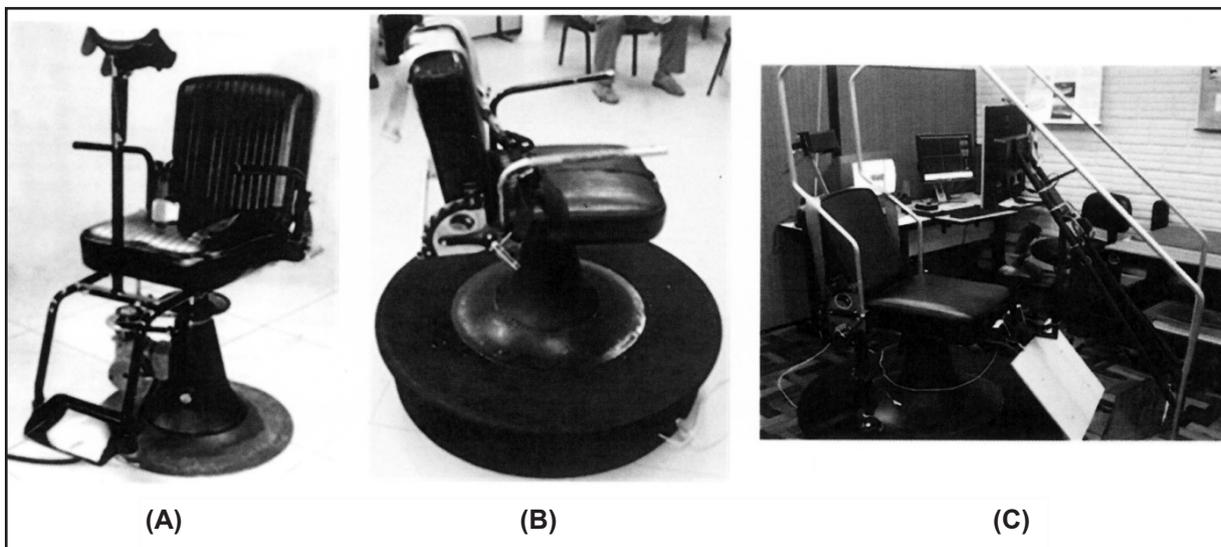
por una fuente de tensión con entrada de 220 V_{CA} y una salida ajustable de 24 V_{CC}.

El sistema era instrumentado con un tacómetro, compuesto de un generador de tensión microprocesado por un controlador 89C2051, el cual ofrecía la información del número de vueltas por medio de la variación de un nivel de tensión eléctrica.

La segunda versión (Figura 7B), perfeccionada por Gessinger (2005), introdujo una plataforma circular de madera, con revestimiento acústico interno, utilizada como sustentación para la silla. El conjunto motor fue movido para dentro de la plataforma, reduciendo considerablemente los ruidos de la transmisión y dando mayor estabilidad a la silla. Esa reducción permitió evitar que el voluntario obtuviese un punto sonoro de orientación espacial. En los laterales del asiento, fue adaptada una traba dentada de seguridad, en acero 1020, escalonada en intervalos de 15°, la cual posibilitó el ángulo del respaldo de la silla entre 0 y 90 grados. Otro recurso agregado fue un apoyo para piernas y pies, que, junto con la inclinación del respaldo, permitió utilizar la posición supino durante los experimentos. Un cinto de cinco puntos fue incluido en la estructura, en sustitución al anterior, asegurando una mayor estabilidad al voluntario, independientemente del ángulo de reclino utilizado en la silla.

La tercera versión (Figura 7C), desarrollada por Alves (2008), promovió una modernización de la instrumentación de la silla, posibilitando una evaluación más abarcadora de las respuestas fisiológicas del voluntario, así como su performance, en las diversas situaciones previstas en vuelo.

Figura 7: (A) SDE por Piedade (2001), (B) SDE por Gessinger (2005), (C) SDE por Alves (2008).



Fuente: Alves (2008).

Con el objetivo de crear un ambiente de *cockpit* en la silla, fue desarrollada una estructura utilizando tubos de aluminio para soporte de una cobertura en cuerina engomada (*blackout*), en color beige, minimizando factores de influencia del medio externo (sonido, aire y, principalmente, luminosidad). En esa estructura, fueron fijados un monitor LCD de 19 pulgadas y un *joystick*, con interface USB, permitiendo al voluntario, por medio del *software Flight Simulator X da Microsoft®*, controlar el *joystick* de un árbol virtual en diferentes escenarios simulados de vuelo. Fue instalada una cámara con luz infrarroja para capturar imágenes del voluntario durante los experimentos, con el objetivo de evaluar las reacciones del mismo. Para transmisión de datos USB, fue utilizado un aparato WUSB (*Wireless USB*) que es una versión inalámbrica de un HUB con puertos USB, para la transmisión de energía para los equipamientos utilizados como monitor, HUB USB inalámbrico y la unidad de dos contactos para hasta 4 A.

Para la realización de los perfeccionamientos identificados como necesarios para un mejor funcionamiento del SDE del Centro de Microgravedad-PUCRS, se realizó la adquisición de dos materiales: un moto-reductor y un inversor de frecuencia.

Fue escogida un Moto-reductor angular *Spiroplan®* (*SEW Eurodrive - WF10 DT56M4*), con alimentación de 380V (trifásico) y potencia de 0,1 kW,

la cual permite una rotación de hasta 1640 rpm a 60 Hz, una reducción de 8:1.

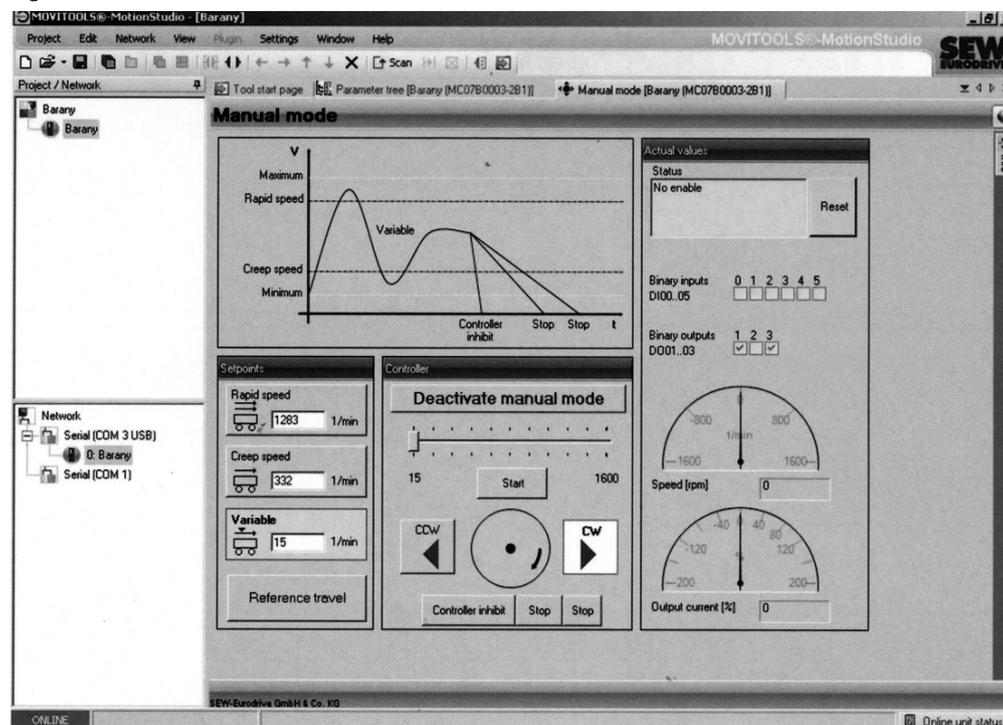
Para el control de accionamiento, aceleración y velocidad de rotación del motor, fue utilizado un inversor de frecuencia *MOVTRAC®* (*SEW Eurodrive MC07B0003-2B1-4-00*), con potencia de 250 W, conexión de red trifásica de 380 VCA.

El sistema posee un control manual (*SEW Eurodrive FBG11B*) que permite la programación de las condiciones de rotación del moto-reductor (rotación máxima deseada, tipo de motor y rampas de aceleración y desaceleración). Además del control manual, el inversor también posee interface RS485/Sbus - FSC11B para computadora, que posibilita el control del mismo por el aplicativo *Movitools MotionStudio v. 5.70 da Sew-Eurodrive* conforme Figura 8. A través de él, pueden ser configurados remotamente todos los parámetros disponibles en el inversor.

4.2 Métodos

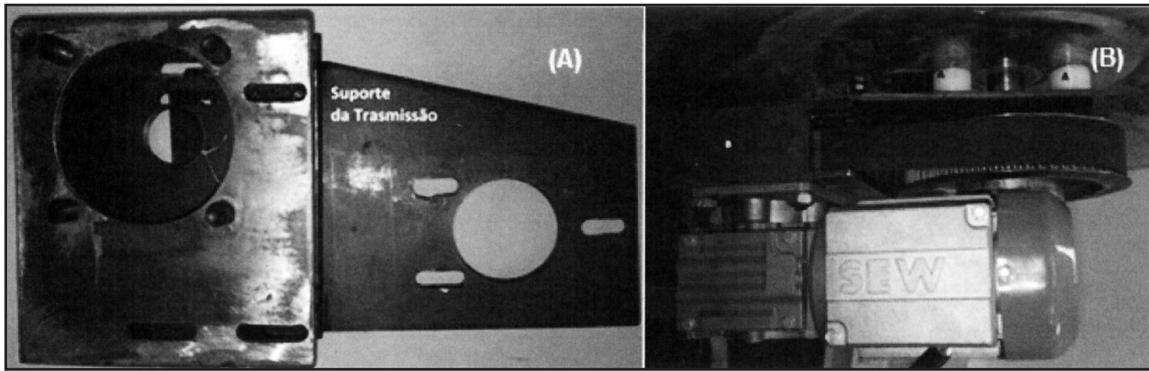
Fueron realizadas, en relación al proyecto desarrollado por Alves (2008), tres modificaciones principales en el proyecto del SDE: actualización del sistema de control, confección de un nuevo soporte para el motor y la reforma del sistema mecánico de sustentación y giro de la silla. El límite de masa de los voluntarios fue establecido en 90 kg.

Figura 8: Interface del *software Movitools MotionStudio v. 5.70 da Sew-Eurodrive*.



Fuente: El autor.

Figura 9: Soporte de fijación para el motor eléctrico. (A) soporte de fijación, (B) conjunto de transmisión.



Fuente: El autor.

4.2.1 Actualización del sistema de control

Fueron removidos del sistema existente el motor de corriente continua y el sistema de control por modulación de ancho de pulso (PWM), siendo sustituidos por el moto-reductor instrumentado y por el inversor de frecuencia digital adquiridos. De esa forma, el control de parámetros, como velocidad de rotación, rampas de aceleración y desaceleración y límites de potencia entregados al motor pasaron a ser configurados por medio del aplicativo para *Windows MotionStudio v. 5.70*.

4.2.2 Confección del soporte para el motor

Para fijar el nuevo motor, fue necesaria la confección de un soporte. La pieza fue diseñada con ayuda del software *Solidworks®* y, entonces, fue construido un *mock-up* en madera MDF para realización de los ajustes necesarios. El soporte, en su versión final, fue confeccionado en acero carbono 1020, con espesor de 6,35 mm, y soldado con electrodo revestido 6013. Después de la finalización de esa etapa, el soporte fue fijado junto con el moto-reductor y la transmisión entre el motor y el eje de la silla. Dos poleas de canal trapezoidal y de correa de perfil trapezoidal modelo “A29”, presentes en el proyecto anterior, fueron utilizadas, produciendo una relación de 5:1 entre el motor y el eje. En la Figura 9A puede ser visualizado el soporte de fijación y en la Figura 9B el conjunto de transmisión montado.

4.2.3 Reforma del sistema mecánico

Fue necesario reformar la estructura mecánica de forma a solucionar problemas de folga, principalmente axial y radial en los mancales de deslizamiento y rodamiento. Esa holgura generaba vibraciones durante el giro, posibilitando la percepción del movimiento por el

voluntario durante experimentos. Así, fueron realizadas las siguientes modificaciones:

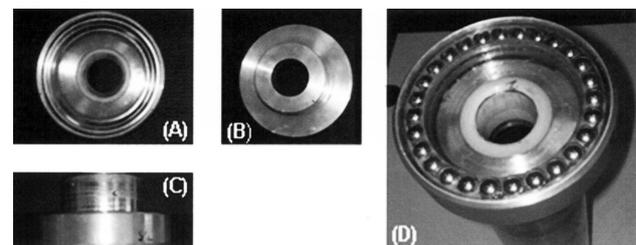
1) la fijación del eje en la cadera; 2) la remanufactura del eje y; 3) la reforma de los cojinetes de rodamiento y deslizamiento.

En la base de sustentación del asiento de la silla, fue atornillado un disco de acero SAE 1020. En ese disco, fue fijado un bloque circular de acero y ese, por su parte, fue soldado eléctricamente al eje de la silla, posibilitando, así, una mayor estabilidad durante el movimiento.

El nuevo eje fue confeccionado en acero SAE 1020 en un torno mecánico, con 900 mm de longitud y 30 mm de diámetro externo, poseyendo una perforación interna pasante. Esa perforación, además de disminuir el peso, aumentó la resistencia a la solicitud de flexión.

La estructura presenta cojinetes del tipo mixto (rodamiento y deslizamiento), siendo el rodamiento axial de esferas de abrazadera simple. En el centro de la pieza, había un taco de nylon, el cual funcionaba como cojinete de deslizamiento y, al mismo tiempo, de guía para el eje. Las modificaciones realizadas se concentraron en el cojinete (Figura 10), cuyo posicionamiento fue invertido, disminuyendo la interferencia mecánica y, así, mejorando la performance del giro del eje. Se aumentó el diámetro del taco de nylon, por intermedio de un alargador, de forma de ajustarse al diámetro del nuevo eje.

Figura 10: Vistas del cojinete. (A) superior; (B) inferior; (C) lateral; (D) conjunto montado.



Fuente: El autor.

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Comparativamente con el SDE desarrollado por este proyecto, las soluciones presentadas por Ko (2003) y Byun (2010) no permiten el movimiento del individuo para realizar oscilaciones de cabeza, utilizadas por diferentes protocolos de investigación. Además, las soluciones demostradas por Vesticon (2014) y Embry-Riddle (2014), a pesar de poseer mayor número de recursos, exigen un amplio espacio físico y mayor infraestructura y entrenamiento para su operación.

El SDE del Centro de Microgravedad, desde su primera concepción en 2001, sufrió evoluciones alineadas a las necesidades de investigaciones propuestas en el campo de la desorientación espacial y del entrenamiento de estudiantes y pilotos en la comprensión de sus efectos en el ser humano.

Entre las investigaciones realizadas, la evaluación de medicamentos en el combate a los síntomas de la cinetosis aeroespacial realizado por Russomano (2005) y el respectivo análisis de la performance cognitiva resultante de esa asociación, investigado por Subasinghe (2013), posibilitaron un mejor entendimiento de esos efectos. La aplicación de incrementos tecnológicos y electrónicos también brindó la oportunidad de buscar la cuantificación de la desorientación espacial.

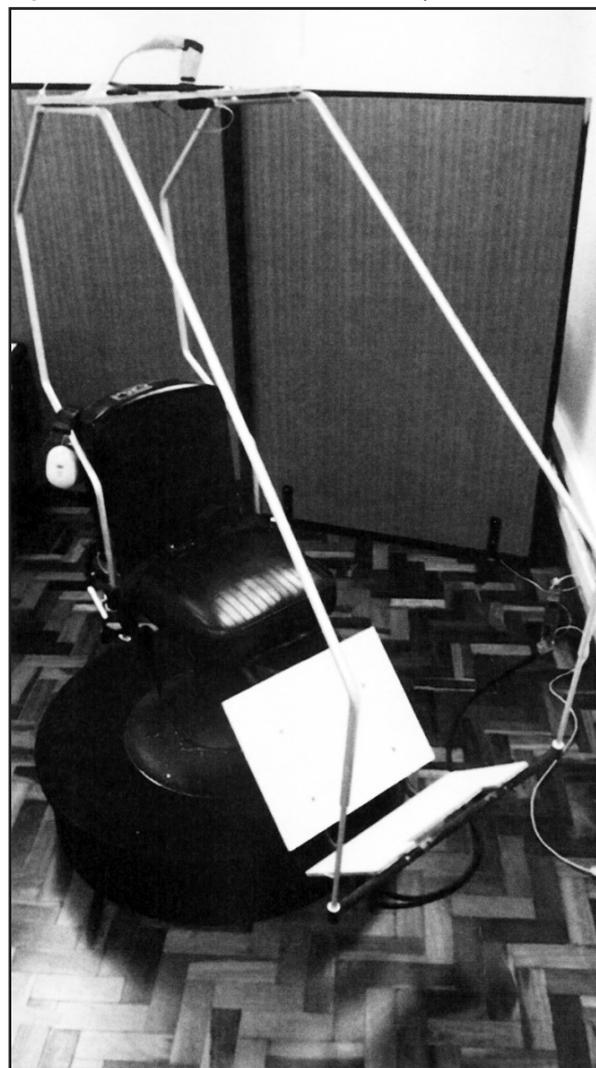
El SDE presentado en el presente artículo (Figura 11) posibilita el establecimiento de un protocolo de testes fisiológicos más preciso, pues permite el control de las rampas de aceleración y desaceleración (control proporcional e integral) del movimiento rotatorio. En comparación con el sistema basado en PWM y motor de corriente continua utilizado por Alves (2008), el inversor de frecuencia y motor de corriente alterna del presente sistema permitieron el cambio del sentido de giro y una torsión más constante en el eje.

El *software Movitools MotionStudio v. 5.70 de Sew-Eurodrive*, fabricante de ese motor e inversor, posibilitó el acceso a una interface de control más completa, pero accesible, en que el usuario puede modificar las variables de configuración de forma rápida y amigable. En la versión anterior, una interface compuesta por un potenciómetro y dos *displays* de siete segmentos permitía solamente definir la rotación por minuto deseada y verificar la rotación actual.

La remanufactura del eje de la silla y de sus cojinetes trajo una mayor estabilidad del movimiento, tornando el SDE más fluido y silencioso y, así, facilitando la desorientación del voluntario, que pasó a tener menos referencias externas cuando se compara con las versiones anteriores.

El SDE desarrollado fue utilizado con éxito para la realización de un estudio con seres humanos, el cual evaluó la variación de la performance cognitiva de los voluntarios cuando son expuestos a la desorientación por rotación, en una investigación en cooperación con el grupo del *Centre of Human Aerospace and Physiological Sciences (CHAPS), King's College London*, del Reino Unido.

Figura 11: Simulador de Desorientación Espacial actual.



Fuente: El autor.

6 CONCLUSIÓN

Simuladores de desorientación espacial son una herramienta valiosa en el estudio de la respuesta fisiológica humana al conflicto de informaciones recibidas por los sistemas vestibular, visual, auditivo y táctil durante vuelos aéreos, especialmente a la noche o en situaciones de baja luminosidad.

El SDE desarrollado por el Centro de Microgravedad y presentado en ese trabajo es el resultado de más de una década de experiencia en la realización de investigaciones internacionalmente reconocidas sobre desorientación espacial.

El frenado magnético, la inversión de dirección de movimiento y el control fino de velocidad y aceleración, características presentes solo en esa versión del simulador, posibilitaron al SDE atender a las necesidades establecidas por protocolos de investigaciones clínico-fisiológicas.

Para proyectos futuros, se sugiere la inclusión de un sistema de realidad virtual para ampliar las aplicaciones del SDE y el cierre de la malla de control por medio de la inclusión de encoders de posición absoluta.

REFERENCIAS

- ALVES, C. V. **Desenvolvimento de um sistema para quantificação da desorientação espacial**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 223p.
- BENSON, A. J. **Orientation/disorientation training of flying personnel: a working group report**. ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH AND DEVELOPMENT NEUILLY-SUR-SEINE (FRANCE), 1974.
- BENSON, A. J.; DIAZ, E.; FARRUGIA, P. The perception of body orientation relative to a rotating linear acceleration vector. **Fortschritte der Zoologie**, v. 23, n. 1, p. 264, 1975.
- BENSON, A. J., **Human control performance and tolerance, with a preliminary historical review of flight simulation**, CC Clark - National Meeting on Manned Space Flight, 1998.
- BYUN, J. Y. et al. Role of subjective visual vertical test during eccentric rotation in the recovery phase of vestibular neuritis. **Auris Nasus Larynx**, v. 37, n. 5, p. 565-569, 2010.
- CLARK, B. Disorientation incidents reported by military pilots across fourteen years of flight. In: **The Disorientation Incident. Conference Report CP**. 1971. p. A1.
- CLARK, B.; GRAYBIEL, A. Disorientation: A cause of pilot error. **Bureau of Medicine and Surgery Research Report No. NM**, v. 1, n. 110, p. 100, 1955.
- CLARK, B.; NICHOLSON, M. A.; GRAYBIEL, A. Fascination: a cause of pilot error. **Journal of Aviation Medicine**, v. 24, n. 5, p. 429-440, 1953.
- ENTICOTT, J. C.; O'LEARY, S. J.; BRIGGS, R. J. S. Effects of vestibulo-ocular reflex exercises on vestibular compensation after vestibular schwannoma surgery. **Otology & Neurotology**, v. 26, n. 2, p. 265-269, 2005.
- EMBRY-RIDDLE. **GAT-II Spatial Disorientation Flight Training Device**. 2014. Disponível em: <<http://daytonabeach.erau.edu/about/fleet-simulators/the-gat-ii/index.html>>. Acesso em: 06 nov. 2014.
- FLACK, M.; BOWDLER, A. P. The medical problems of flying. **Medical Research Council**, Special Report Series, n. 53, 1920.
- GESSINGER, R. P. **Aperfeiçoamento da cadeira eletricamente controlada e seu uso no estudo do equilíbrio humano**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- KIRKHAM, W. R. et al. Spatial disorientation in general aviation accidents. **Aviation, space, and environmental medicine**, 1978.
- KO, J.S. et al. Precision speed control of PMSM for stimulation of the vestibular system using rotatory chair. **Mechatronics**, v. 13, n. 5, p. 465-475, 2003.
- PARKER, D. E. The vestibular apparatus. **Scientific American**, 1980.
- PIEDADE, L. A.; RUSSOMANO, T. **Cadeira de Bárány como modelo de desorientação espacial**. 2001. 101 f. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RUSSOMANO, T. et al. Aperfeiçoamento e validação de simulador de desorientação espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, 2005. p. 97-103.
- RUSSOMANO, T. **Fisiologia aeroespacial: conhecimentos essenciais para voar com segurança**. EDIPUCRS, 2012.
- STEELE-PERKINS, A. P.; EVANS, D. A. Disorientation in naval helicopter pilots. In **Operational Helicopter Aviation Medicine. Conference Proceedings CP 255**, 48, 1-5. Neuilly sur Seine: AGARD/NATO, 1978.
- SUBASINGHE, T.; GREEN, D. A.; RUSSOMANO, T. **Impact of Spatial Disorientation on Concurrent Cognitive Tasks**. 2013. 47 f. 2013. Dissertação de Mestrado, School of Biomedical Science, King's College London, Londres, Reino Unido.
- TORMES, F. R.; GUEDRY, F. E. **Disorientation phenomena in naval helicopter pilots**. Pensacola, FL: **US Naval Aerospace Medical Research Laboratory**. Report, 1974.
- TREDICI, T. J. Visual illusions as a probable cause of aircraft accidents. **Spatial Disorientation in Flight: Current Problems**, 1980.
- VESTICON. **Epley Omniax® System**. 2014. Disponível em:< <http://www.vesticon.com/epley-omniax-system>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas

SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan

SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas

Ten Cel Eng Fabrício José Saito, Mestre
Parque de Material Aeronáutico de São Paulo - PAMASP
São Paulo/SP - Brasil
fabriciojsaito@gmail.com

RESUMO

Este artigo visa apresentar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), atende à metodologia MSG-3 (*Maintenance Steering Group-3*) que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. A pesquisa, com base em documentos técnicos sobre MSG-3 e em manuais e instruções do COMAER, identificou as informações necessárias para uma eventual revisão do plano de manutenção. Ao serem comparadas as necessidades com aquilo que é disponibilizado pelo SILOMS, verificou-se um atendimento parcial que impede a utilização da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Neste artigo conclui-se que essa indisponibilidade de informações torna inviável qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, se o devido suporte da metodologia MSG-3 for um requisito.

Palavras-chave: MSG-3. SILOMS. Plano de manutenção. C-105 Amazonas.

Recebido / Received / Recibido
06/03/14

Aceito / Accepted / Aceptado
10/03/14

ABSTRACT

This paper is intended to present how a set of logistic information, made available by the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS), complies with MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) methodology, applied to Brazilian Air Force (FAB) C-105 Amazonas airship maintenance plan. The research, based on technical documents on MSG-3 and COMAER handbooks and instructions, has identified the information required to an eventual review of the maintenance plan. A comparison between the needs and the content made available by SILOMS has shown a partial compliance that hinders the plain use of MSG-3 methodology. In this paper it is concluded that this lack of information available makes unfeasible any initiative related to C-105 Amazonas airship maintenance plan review, if the correct support of MSG-3 methodology is a requirement.

Keywords: MSG-3. SILOMS. Maintenance plan. C-105 Amazonas.

RESUMEN

Este artículo tiene como fin presentar de qué forma el grupo de informaciones logísticas, ofrecidas por el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS), cumple con la metodología MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas de la Fuerza Aérea Brasileña. La investigación, basada en documentos técnicos sobre MSG-3 y en manuales e instrucciones del COMAER, identificó las informaciones necesarias para una eventual revisión del plan de mantenimiento. Al comparar las necesidades con aquello que es ofrecido por el SILOMS, se verificó un cumplimiento parcial que impide la utilización de la metodología MSG-3 en su plenitud. En este artículo se concluye que esa indisponibilidad de informaciones torna inviable cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, si el debido soporte de la metodología MSG-3 fuera un requisito.

Palabras-clave: MSG-3. SILOMS. Plan de mantenimiento. C-105 Amazonas.

1 INTRODUÇÃO

Como as mais diversas forças militares no mundo, o Comando da Aeronáutica (COMAER) também é desafiado a encontrar soluções que viabilizem o aumento de eficiência nas suas diversas operações. A maioria dos desafios identificados por esse Comando encontram-se listados basicamente em dois documentos: a Estratégia Nacional de Defesa (END) e o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010-2031 (PEMAER).

A END estabelece que, em tempos de paz

as organizações militares serão articuladas para conciliar o atendimento às Hipóteses de Emprego com a necessidade de otimizar os seus custos de manutenção e para proporcionar a realização do adiestramento em ambientes operacionais específicos. (BRASIL, 2008).

O PEMAER compõe o desdobramento da END no âmbito do COMAER e claramente aponta

a necessidade de as atividades de logística estarem bastante sintonizadas na evolução tecnológica das ferramentas que apoiam as funções logísticas de manutenção e suprimento. (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, encontra-se perfeitamente alinhada a busca por alternativas que tragam consigo aumentos na disponibilidade de aeronaves com a devida redução nos custos de manutenção. De forma geral, medidas de eficiência são traduzidas por meio do quociente entre produção (aeronaves disponíveis) e insumos (recursos orçamentários). O esforço deve ser, portanto, fazer mais com menos, atacando simultaneamente o numerador e o denominador dessa razão. Ao se manter o foco no binômio disponibilidade

de aeronaves e recursos orçamentários, fica claro que o suporte logístico de um sistema de armas deve ser objeto de permanente análise e acompanhamento. Parte dessa análise, obrigatoriamente, abordará a frequência de manutenções (corretiva e preventiva) e as respectivas tarefas de manutenção, necessárias à garantia de uma operação segura. Contudo, sempre que essas tarefas acontecem, despesas são realizadas e ocorre a indisponibilidade do sistema.

A evolução tecnológica dos sistemas aeronáuticos tem apresentado ao mercado aeronaves de maior capacidade operacional, com estruturas cada vez mais complexas. As aeronaves modernas são compostas de diversos sistemas, com funções específicas integradas. Nesse cenário, seria correto imaginar que a operação segura de um avião requer um sólido conhecimento do funcionamento e da interação de seus sistemas? Em parte.

Para um voo seguro, deve-se, sem dúvida, compreender o funcionamento da aeronave, mas isso não é suficiente, visto que não basta apenas saber como o sistema funciona, mas entender como ele falha. Nesse sentido, a segurança também será garantida se a mecânica de todas as possíveis falhas for perfeitamente identificada e descrita.

Embora não tão visível quanto uma alteração de *design*, a manutenção de aeronaves evoluiu na compreensão crescente dos mecanismos de falha. Aeronaves da década de 50 apresentavam planos de manutenção preventiva rigorosos, contemplando, muitas vezes, a revisão completa de um equipamento, sistema ou aeronave. Para um leigo, saber que o avião foi desmontado, inspecionado, revisado e montado novamente traduzia-se em garantia de segurança.

Por vários anos, isso foi senso comum para aeronaves como Douglas DC-3, DHC-5 Buffalo e Boeing 707, tomadas como exemplo apenas aeronaves do acervo da FAB.

Hoje, analisando esses antigos planos de manutenção, verifica-se que o desconhecimento do processo de falha levou a decisões conservativas de exigir-se, periodicamente, o *overhaul* (tarefa de desmontar, inspecionar, revisar e montar) de equipamentos, sistemas e aeronaves. Esse paradigma durou até o momento em que o plano de manutenção de aeronaves maiores e mais complexas passou a exigir elevados níveis de mão de obra e custos. A contrapartida era a baixa disponibilidade operacional em virtude dos prazos dilatados para cumprimento das tarefas de manutenção, que inviabilizaria economicamente a utilização das futuras aeronaves.

Assim, dada a necessidade de aperfeiçoar-se o plano de manutenção e de garantir níveis de segurança aceitáveis, apresentou-se o conceito de RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade), em que, em essência, identificam-se os modos de falha que afetam o funcionamento do sistema e, em seguida, avaliam-se as consequências de cada falha para, finalmente, serem estabelecidas, no plano de manutenção, as tarefas aplicáveis e efetivas para prevenção de falhas funcionais. Nowlan e Heap (1978), ao apresentarem o novo enfoque, revolucionaram o processo de desenvolvimento de plano de manutenção e proveram a base lógica para a metodologia MSG-3.

Com a entrada em serviço de uma aeronave, é comum que os dados de operação experimentados não sejam exatamente os que foram considerados durante o desenvolvimento. Dessa forma, informações atualizadas devem ser coletadas para realimentarem o processo MSG-3 e, assim, eventualmente, revisarem tarefas e intervalos do plano de manutenção original.

No âmbito do COMAER, o Parque Central da aeronave é o órgão responsável por conduzir o processo de revisão do plano de manutenção, enquanto o Sistema Integrado de Logística de Material e Serviços (SILOMS) é a fonte de dados operacionais. Esse sistema teria, então, o papel de prover o mesmo conjunto de informações de equipamentos/sistemas que foi utilizado no processo MSG-3 inicial.

O C-105 Amazonas está em operação no COMAER desde 2006 e seu plano de manutenção preventiva foi desenvolvido conforme o MSG-3, portanto é plausível antever-se uma necessidade futura de o Parque Central, Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMASP), revisar o plano de manutenção do C-105 Amazonas. Essa revisão, em razão de impactos operacionais e econômicos, deve ser objeto de estudo para garantir que o C-105 Amazonas disponha de um plano de manutenção eficiente e coerente com a realidade operacional da aeronave.

Dados os desafios impostos pela END e pelo PEMAER, este estudo, na busca pela eficiência da manutenção, pretende

verificar a capacidade de o SILOMS disponibilizar ao PAMASP os dados de manutenção requeridos pela metodologia MSG-3.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta os principais conceitos de um plano de manutenção desenvolvido de acordo com o MSG-3, tendo como base o trabalho de Nowlan e Heap e o documento ATA MSG-3: *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*. Na literatura acessada, são identificados os dados de manutenção requeridos para aplicação da metodologia. Finalmente, para situar este trabalho no cenário logístico da FAB, uma descrição do SILOMS é conduzida.

2.1 MSG-3 – Histórico e conceito

O desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva sempre traz à tona discussões econômicas e técnicas. Para um equipamento com sistemas complexos como um avião, cuja falha pode resultar em grandes perdas, é natural que seja adotado um comportamento conservativo. Esse pensamento dominou o cenário inicial de operação de aeronaves e paradigmas de manutenção, baseados em inspeção e trocas frequentes de componentes. Os planos de manutenção foram dominantes como forma de evitar-se a ocorrência de falhas catastróficas. Quando o item apresentava taxas de falha inaceitáveis, a solução consistia em aumentar-se a frequência de inspeções, revisões gerais e substituições.

Em termos de projeto e fabricação, a década de 60 trouxe grandes avanços tecnológicos que afetaram positivamente a confiabilidade inerente aos componentes aeronáuticos, contudo o plano de manutenção das novas aeronaves não teve o mesmo passo evolucionário. A consequência de continuar com esses paradigmas antigos na manutenção de sistemas mais complexos foi o crescimento dos custos de suporte. Na segunda metade dessa década, o desenvolvimento do Boeing 747, primeira aeronave *wide body*, trouxe a motivação necessária que levou as companhias aéreas a analisarem os dados operacionais, havendo-se verificado que a confiabilidade dos sistemas aeronáuticos não guardava relação direta com a frequência das inspeções e o intervalo de revisões gerais.

Em julho de 1968, o *Maintenance Steering Group* (MSG), formado por representantes do Federal Aviation Administration (FAA), fabricantes e companhias aéreas, desenvolveu o Handbook MSG-1 (*Maintenance Evaluation and Program Development*), que seria usado para elaborar o plano de manutenção do Boeing 747 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Essa foi a primeira tentativa de aplicação dos conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM – *Reliability Centered Maintenance*) (NOWLAN; HEAP, 1978).

Em seguida, melhorias foram incorporadas ao processo decisório inicialmente apresentado no MSG-1 e um segundo documento MSG-2 (*Airline/Manufacturer Maintenance Program*

Planning Document) foi desenvolvido e aplicado aos planos de manutenção das aeronaves Lockheed 1011 e Douglas DC-10 (NOWLAN; HEAP, 1978). Ambos os documentos tinham o objetivo de desenvolver um programa de manutenção preventiva, capaz de garantir a máxima segurança e confiabilidade operacional o mais próximo da inerente a um custo mínimo. O sucesso da iniciativa foi imediatamente percebido ao se compararem os planos de manutenção de aeronaves semelhantes no tamanho (DC-8 e DC-10). Enquanto para manter o DC-8 seria necessária a revisão periódica de 339 itens, no DC-10, que se baseou no MSG-2, apenas sete apresentavam a mesma demanda (NOWLAN; HEAP, 1978).

Em 1979, a composição do grupo MSG ganhou em diversidade ao contar com a participação de representantes da ATA (Air Transport Association), FAA, Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (CAA/UK), Marinha Norte-Americana, companhias aéreas estrangeiras e diversos fabricantes de componentes e motor. Embora tenha mantido os conceitos fundamentais, o novo documento MSG-3 foi elaborado para tornar sua aplicação mais amigável (SPITLER, 1990).

Batizado de “*Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*” (Documento de desenvolvimento de manutenção programada do Operador/Fabricante), o MSG-3, como processo de decisão, trouxe melhorias, comparado ao MSG-2 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Entre elas pode-se citar:

- a) análise de consequência da falha funcional, categorizando-a em segurança e econômica;
- b) incorporação de considerações sobre danos estruturais;
- c) orientação à tarefa de manutenção em vez do processo como estabelecido no MSG-2;
- d) inclusão da tarefa de serviço/lubrificação como parte da lógica; e

e) separação clara entre tarefas economicamente desejáveis e necessárias para uma operação segura.

O processo MSG-3, em seu todo, define claramente os seguintes objetivos de uma manutenção programada (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003):

- a) garantir que os níveis inerentes de confiabilidade e segurança da aeronave sejam alcançados;
- b) restaurar os níveis inerentes de confiabilidade e segurança da aeronave quando uma deterioração ocorre;
- c) obter dados necessários para melhorias de projeto de itens, cuja confiabilidade inerente seja inadequada; e
- d) alcançar seus objetivos a um custo mínimo.

2.2 MSG-3 – A lógica

A lógica de decisão deve ser aplicada a cada MSI (*Maintenance Significant Item*). O MCA 400-15 define MSI como

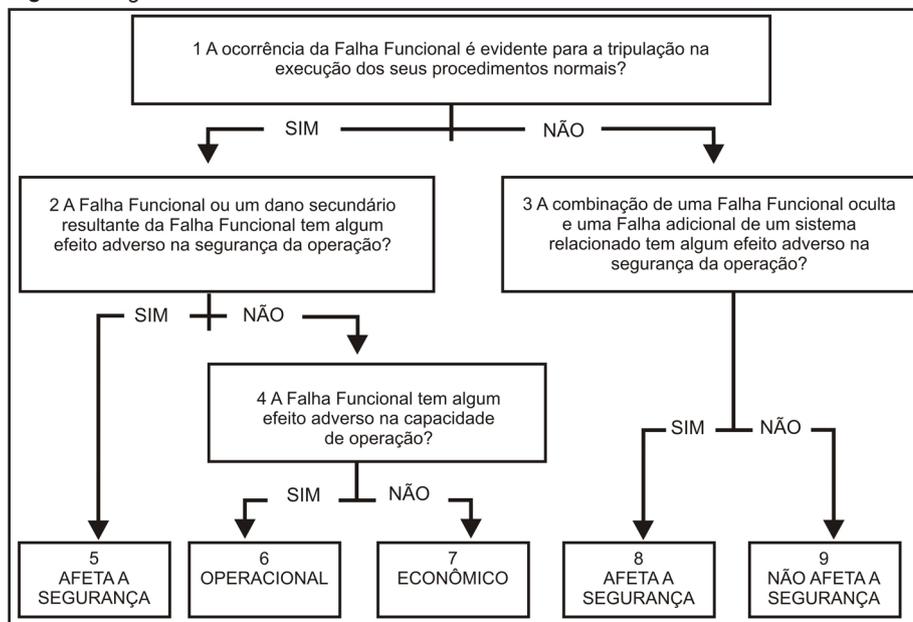
item significativo de manutenção, cuja falha funcional tem impacto operacional, econômico ou na segurança de um sistema. Normalmente escolhido com base em uma lógica específica, buscando-se um nível ótimo de detalhamento do sistema estudado. (BRASIL, 2006).

Para cada MSI deve-se definir:

- a) função: o que o item realiza no sistema;
- b) falha funcional: quando o item não realiza a sua função;
- c) efeito da falha: resultado da falha funcional; e
- d) causa da falha: razão pela qual a falha ocorreu.

A Figura 1 representa a lógica a ser aplicada no primeiro nível de análise (questões 1, 2, 3 e 4) e a busca em identificar as consequências de cada falha funcional para determinar a categoria de efeito da falha (categorias 5, 6, 7, 8 ou 9).

Figura 1: Lógica MSG-3 Nível 1.



Fonte: Brasil (2006).

2.3 MSG-3 – Critério para escolha de tarefa de manutenção

No segundo nível, buscam-se as causas da falha de cada MSI e, imediatamente, avalia-se a viabilidade de uma tarefa de manutenção preventiva capaz de garantir a confiabilidade inerente da aeronave. Para tanto, as seguintes perguntas devem ser analisadas para as categorias de falha de 5 a 9:

a) uma tarefa de lubrificação ou serviço é aplicável e efetiva?

b) um cheque operacional ou visual é aplicável e

efetivo? (categorias de falha funcional oculta, 8 e 9)

c) uma inspeção ou cheque funcional para detectar a degradação da função é aplicável e efetiva?

d) uma tarefa de restauração para reduzir a taxa de falha é aplicável e efetiva?

e) uma tarefa de descarte para evitar falhas ou reduzir a taxa de falha é aplicável e efetiva?

f) há alguma outra tarefa ou combinação de tarefas aplicáveis e efetivas? (categorias de segurança, 5 e 8)

O Quadro 1 a seguir, modificada da MCA 400-15, contém a coluna “Exemplo”, na qual algumas tarefas típicas de manutenção programada foram listadas.

Quadro 1: Critério de seleção de tarefas.

TAREFA	CRITÉRIO DE APLICAÇÃO	EXEMPLO	EFETIVIDADE SEGURANÇA	EFETIVIDADE OPERACIONAL	EFETIVIDADE ECONÔMICA
LUBRIFICAÇÃO OU SERVIÇO	A reposição de itens de consumo deve reduzir a taxa de degradação funcional.	Lubrificar dobradiças e verificar pressão de pneus.	A tarefa deve reduzir o risco de falha.	A tarefa deve reduzir o risco de falha a um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
CHEQUE OPERACIONAL OU VISUAL	Identificação da falha deve ser possível.	Verificar nível de óleo.	A tarefa deve garantir a disponibilidade adequada da função oculta a fim de reduzir o risco de falhas múltiplas.	Não aplicável.	A tarefa deve assegurar a disponibilidade adequada da função oculta a fim de evitar feitos econômicos de falhas múltiplas e ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
INSPEÇÃO OU CHEQUE FUNCIONAL	A redução da resistência à falha deve ser detectável. Deve existir um intervalo razoável entre a condição de degradação e a falha funcional.	Inspeção visual do motor, raio-x, ultrassom.	A tarefa deve reduzir o risco de falha para garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
RESTAURAÇÃO	O MSI deve apresentar características de degradação funcional em uma idade operacional identificável e a maior parte das unidades deve sobreviver até essa idade especificada. Deve ser possível restaurar o MSI até um padrão aceitável de resistência à falha.	Limpeza de filtro, revisão geral de motor.	A tarefa deve reduzir o risco de falha para garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).
DESCARTE	O MSI deve apresentar características de degradação funcional em uma idade operacional identificável e a maior parte das unidades deve sobreviver até essa idade especificada.	Troca de filtros, itens com limite de vida.	O descarte na idade limite deve reduzir o risco de falha e garantir uma operação segura.	A tarefa deve reduzir o risco de falha até um nível aceitável.	A tarefa de descarte na idade limite do MSI deve ser custo-efetiva (custo da tarefa menor que o custo da falha).

Fonte: Adaptado de Brasil (2006).

Ao aplicar a lógica, caso não se alcance uma ação de manutenção adequada, o reprojeto do sistema em questão é mandatório, pois segurança é essencial.

2.4 MSG-3 – Intervalo das tarefas

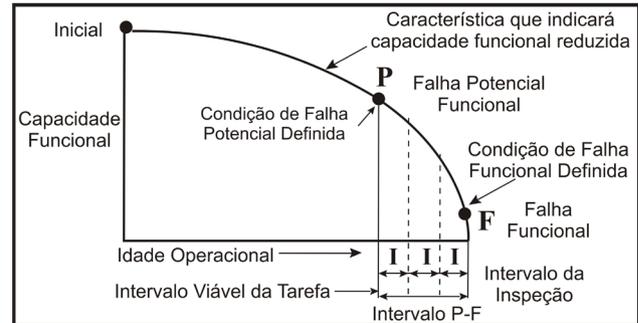
Definidas as tarefas de manutenção capazes de evitar a falha indesejável, chega-se a outra dimensão de qualquer plano de manutenção: a definição da periodicidade de cada tarefa. Deve-se selecionar a frequência de manutenção mais adequada, com base nas informações disponíveis de operação do sistema. Os intervalos de manutenção podem ser definidos, por exemplo, em unidades de tempo ou em dias, horas de voo, ciclos de voo e pousos.

A ATA MSG-3 e a NAVAIR 00-25-403 identificam os aspectos a serem considerados para as seguintes tarefas de manutenção:

- a) lubrificação ou serviço – foco na prevenção da falha:
 - o intervalo baseado na utilização do item e nas suas características de deterioração; e
 - condições climáticas e ambiente operacional devem ser considerados para definição das características de deterioração.
- b) cheque operacional ou visual – foco na identificação da falha:
 - tempo de exposição a uma falha oculta e as potenciais consequências se a função oculta não estiver disponível;
 - os intervalos devem reduzir a probabilidade de ocorrência de múltiplas falhas a um nível tolerável; e
 - probabilidade de que a própria tarefa leve a função oculta à falha.
- c) inspeção ou cheque funcional – foco na identificação de falha potencial:
 - deve existir uma condição clara de falha potencial;
 - essa condição deve ser detectável e indicar que um processo de falha está em andamento. Quando a inspeção revelar tal condição (tarefa “*on condition*”), ações corretivas devem ser conduzidas. *Tarefa on condition* ocorre somente quando necessário, deixando o equipamento operar até que uma falha potencial seja detectada, maximizando sua vida útil e minimizando os custos de reparo; e
 - a Figura 2 da Curva P-F, ilustra que, no momento em que a razão de degradação funcional é identificada, um intervalo I

é estabelecido de forma que haja ampla oportunidade para que essa condição seja detectada antes da falha funcional do equipamento. Para tanto, deve-se dispor de uma condição definida de falha potencial (ponto P) e da estimativa de tempo, até que a falha funcional (ponto F) seja atingida.

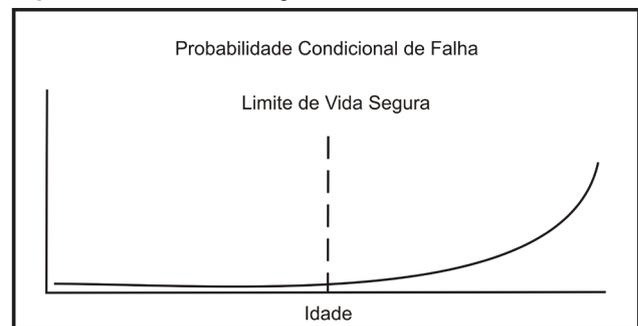
Figura 2: Curva P-F.



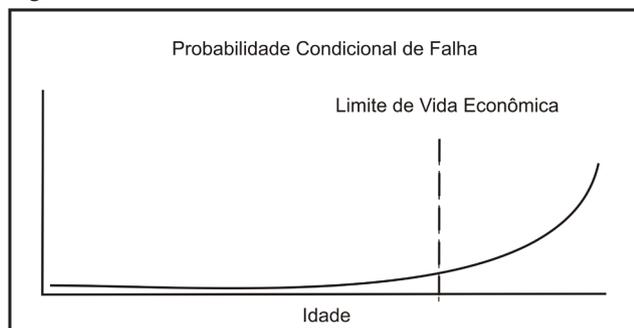
Fonte: Adaptado de United States of America (2003, p. III-14, tradução nossa).

- d) restauração ou descarte – foco em evitar a falha:
 - intervalos devem ser baseados no conceito de existir um limite de vida para o componente, sendo necessária a revisão geral ou substituição para que a confiabilidade inerente do sistema seja recuperada;
 - dois termos são usados para diferenciar o item, cujo limite de vida afeta a segurança daquele que acarreta apenas impacto econômico: limite de vida segura e limite de vida econômica, respectivamente;
 - limite de vida segura deve garantir a não ocorrência de falhas (Figura 3), pois as consequências de falha afetam a segurança; e
 - limite de vida econômica acarreta apenas impactos econômicos, podendo ser relaxado e incluir risco para uma eventual falha (Figura 4).

Figura 3: Limite de Vida Segura.



Fonte: United States of America (2003, p. III-18, tradução nossa).

Figura 4: Limite de Vida Econômica.

Fonte: United States of America (2003, p. III-18, tradução nossa).

O desafio de se estabelecer o intervalo apropriado permanecerá ao longo de toda a vida operacional da aeronave, podendo evoluir ao longo desse tempo. Daí a necessidade imprescindível do registro preciso e completo do histórico funcional dos diversos equipamentos, visto que tais informações, ao serem devidamente analisadas, suportarão as futuras revisões do plano de manutenção.

2.5 SILOMS

Em 21 de janeiro de 1993, foi criado o Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS) com o objetivo de unificar os processos logísticos do COMAER por meio de uma base de dados integrada. Para tanto, seria disponibilizada uma ferramenta única para gestão das atividades que padronizasse métodos e processos.

O SILOMS é um Sistema *on line* do tipo ERP (*Enterprise Resources Planning*), que engloba funcionalidades de MRP II (*Management Resources Planning*) com banco de dados centralizado, destinado a apoiar a gerência de atividades da logística do COMAER, integrando a cadeia de suprimentos, bem como toda a Catalogação de Material pelo Sistema OTAN. Além disso, está integrado ao Sistema Militar de Catalogação – SISMICAT (SILOMS, 2013).

Para atingir o seu objetivo, o SILOMS está dividido em módulos e submódulos, sendo os principais Administração, Aquisição, Suprimento, Combustíveis e Lubrificantes, Catalogação, Manutenção, Transporte, Recursos Humanos, Apoio à Decisão e Material Bélico (BRASIL, 2007). Especificamente, no módulo Manutenção realizam-se as seguintes atividades: planejamento dos recursos necessários à manutenção; planejamento e programação dos serviços; controle e análise dos defeitos; e obtenção de indicadores logísticos.

Para tanto, divide-se nos seguintes submódulos: Produção, Controle, Planejamento, Engenharia e Publicação.

Atualmente, o SILOMS é utilizado efetiva e aproximadamente por 333 (trezentas e trinta e três) unidades em todos os estados do país, chegando a possuir um total de mais de 15.000 (quinze mil) usuários cadastrados (SILOMS, 2013).

3 METODOLOGIA

Este trabalho consistiu em pesquisa documental baseada em análise de documentos oficiais e técnicos. A metodologia adotada balizou-se nos seguintes pontos:

a) levantar o conjunto de dados necessários à elaboração de um plano de manutenção de acordo com a metodologia MSG-3. Para tanto, uma revisão da literatura foi necessária para se obter uma lista de dados de manutenção e operação que deveriam ser disponibilizados para as devidas análises estabelecidas pela metodologia MSG-3;

b) com base no plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, tomar como amostra a tarefa de manutenção relativa à bomba hidráulica para fins ilustrativos do produto final da metodologia MSG-3 e para auxílio à pesquisa sobre os dados de manutenção atualmente disponibilizados pelo SILOMS. Fontes alternativas (ou não oficiais) que pudessem atender a análise MSG-3 não são consideradas;

c) de posse de uma breve apresentação do item, verificar a capacidade do SILOMS em prover as informações necessárias para que o PAMASP pudesse realizar uma revisão da tarefa de manutenção à luz do MSG-3;

d) o trabalho junto ao SILOMS constou de entrevistas aos programadores e de acesso ao próprio sistema em sua versão corrente; e

e) no decorrer dessas oportunidades, foi verificado, de forma positiva, se o SILOMS provia a informação ao questionar o relatório e/ou o módulo/submódulo que disponibilizaria o dado requerido.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Nowlan e Heap (1978) afirmam que um plano de manutenção programada deve ser dinâmico e o usuário da aeronave deve dispor de um sistema de coleta e análise de dados operacionais dos equipamentos. Essa informação é necessária para determinar as melhorias e modificações necessárias, tanto do plano original do fabricante, quanto do produto em si. Os autores também expuseram as informações necessárias à análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), conforme Quadro 2.

Quadro 2: Dados requeridos para análise.

1. Identificação do Item	<ul style="list-style-type: none"> a. Tipo de Aeronave b. Designação do Sistema c. Nome d. PN do Fabricante e. Quantidade por Aeronave (QPA)
2. Informação do Item	<ul style="list-style-type: none"> a. Descrição (função e principais componentes) b. Redundâncias e características de proteção (incluindo instrumentação) c. Equipamento de autoteste (BIT – <i>Built-in Test</i>)
3. Dados de Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> a. Taxa de remoção prematura b. Taxa de falha
4. Restrições Operacionais	<ul style="list-style-type: none"> a. Aeronave pode ser despachada com o item em falha? b. Caso positivo, há condições limitadoras?
5. Dados para RCM / MSG-3	<ul style="list-style-type: none"> a. Função do item b. Falhas funcionais para cada função c. Modos de falha d. Efeito da falha para cada modo de falha e. Evidências de falha funcional f. Efeitos da perda de função na capacidade operacional g. Efeitos da falha além da perda de função (danos secundários) h. Evidência de redução na resistência à falha que pode ser usada para definir condições de falha potencial i. Experiência com outros equipamentos onde o mesmo item ou similar é utilizado.

Fonte: Nowlan e Heap (1978).

Embora sua obra não seja dedicada a MSG-3 e RCM, Blanchard (1992) apresenta uma lista de dados que devem ser tratados por um sistema de gestão de manutenção. Tal sistema deve dispor de formulários

de coleta de dados completos e ser de simples entendimento. O Quadro 3 abaixo, adaptado da obra de Blanchard (1992), traz informações que devem ser comuns a sistemas de informações desse tipo.

Quadro 3: Dados de manutenção de um sistema.

1. Fatores de Sistema	<ul style="list-style-type: none"> a. PN do equipamento e fabricante b. Número de Série c. Tempo de operação do sistema quando o evento ocorreu d. Segmento da missão quando o evento ocorreu e. Descrição do evento (sintoma da falha para ações não programadas)
2. Fatores de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> a. Requisitos de manutenção (reparo, calibração, serviços, etc.) b. Descrição da tarefa de manutenção c. Tempo de parada por manutenção d. Tempo de manutenção efetiva e. Atrasos na manutenção (espera por peça, atraso por equipamento de teste, paralisações, espera por mão de obra, etc.)
3. Fatores Logísticos	<ul style="list-style-type: none"> a. Tempos de início e término para o trabalho de cada técnico b. Manuais utilizados c. Equipamentos de teste utilizados d. Descrição das instalações utilizadas e. Identificação do material substituído

Fonte: Adaptado de Blanchard (1992, p. 329, tradução nossa).

Em complementação, tem-se que a MCA 400-15 estabelece, para uma adequada aplicação da metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade, a necessidade de que, ao serem analisados dados de manutenção, seja cumprida a etapa de coleta e organização. Para tanto, é apresentada uma planilha padronizada, conforme Figura 5, para registro das informações.

Figura 5: Planilha padronizada.

Parte I: Informações sobre o MSI									
MSI									
PN									
Fabricante									
TBO									
TO									
Parte II: Dados de Falha									
SN	TSN	TSO	TSNA	TSOA	Remoção	Causa de Falha	OBS	HH	Reparo

Fonte: Brasil (2006).

Onde:

- a) MSI: nome do item;
- b) PN (*Part Number*): código do MSI, atribuído pelo fabricante;
- c) fabricante: nome/código (MFG) do fabricante;
- d) TBO (*Time Between Overhauls*): intervalo entre revisões gerais;
- e) TO (*Technical Order*): ordem técnica de revisão e operação do MSI;
- f) SN (*Serial Number*): número de série do item;
- g) TSN (*Time Since New*): horas de operação acumuladas, desde novo, no formato horas: minutos, conforme registro na ficha histórico do MSI;
- h) TSO (*Time Since Overhaul*): horas de operação acumuladas, desde a última revisão geral, no formato horas: minutos, conforme registro na ficha histórico do MSI;
- i) TSNA (*TSN Ajustado*): horas de operação acumuladas, desde novo, em formato decimal;
- j) TSOA (*TSO Ajustado*): horas de operação acumuladas, desde a última revisão geral, em formato decimal;
- k) remoção: causa da remoção. Nesse item, deve-se utilizar uma das seguintes categorias: Falha, TBO ou Teste Funcional;
 - l) causa da falha: descrição da causa da falha, determinada quando da intervenção de manutenção no MSI;
 - m) categoria do serviço executado. No preenchimento da categoria do serviço executado, deve-se utilizar uma das seguintes opções: Inspeção e Teste, Reparo e Teste ou Revisão Geral; e
 - n) HH Reparo: número de homens-hora utilizados na ação de manutenção.

Conforme apontado em 3.b, a tarefa de manutenção que serviu como exemplo neste trabalho refere-se à Bomba Hidráulica modelos MPEV3-011-8UK2B e MPEV3-011-8UK2C, fabricados pela Eaton Aerospace para aeronave CASA-295 (C-105 Amazonas). Trata-se de uma bomba com motor elétrico para fornecimento de uma pressão de 3.000 psi ao sistema hidráulico da aeronave.

Como exercício da lógica apresentada em 2.2, pode-se, de forma simplificada e para apenas um modo de falha, definir para esse MSI selecionado o seguinte:

- a) função: prover fluxo hidráulico contínuo à pressão de 3.000 psi para a devida operação dos sistemas da aeronave que são hidráulicamente atuados;
- b) falha funcional: não prover o fluxo hidráulico contínuo a 3.000 psi;
- c) efeito da falha: sobreaquecimento da bomba; e
- d) causa da falha: rolamentos defeituosos.

Desse ponto em diante, para uma das possíveis causas de falha, aplica-se o descrito em 2.3 para que seja verificada a necessidade de uma tarefa de manutenção desse item. Evoluindo na análise descrita em 2.4, define-se o intervalo dessa tarefa. Em consulta ao plano de manutenção da aeronave, observa-se o cartão de manutenção 29.11.00.04 (Figura 6), que é o resultado da aplicação da metodologia. A tarefa é a remoção da bomba, a cada 2.000 horas de voo, para uma inspeção visual detalhada do resfriador, rolamentos e escovas quanto à limpeza, desgaste e condição.

Figura 6: Cartão de Manutenção 29.11.00.04.

Task Number		TASK				AMM Ref.	MSI / TASK DESCRIPTION
Type	Cat	Interval	Effect				
ATA 29: HYDRAULIC POWER							
MSI 29.11.00.: MAIN HYDRAULIC POWER							
29.11.00.01	SV	9	S	ALL	12-12-29 29-11-00	Check hydraulic fluid level on Hydraulic Reservoir.	
29.11.00.02	IN	6	S	ALL	29-11-00	General visual inspection of Differential Pressure Indicators of Return, Pressure and Case Drain Filters on Modular Unit for correct indication.	
29.11.00.03	OP	9	C	ALL	29-11-00	Operational check of Manual Control Mode.	
29.11.00.04	IN	6	2000FH	ALL	29-11-51	Remove Hydraulic Electrical Motor Driven Pump for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes for cleanliness, wear and condition.	

Fonte: EADS CASA (2010, grifo nosso).

Os Quadros 2 e 3 e a Figura 5 foram enviadas ao SILOMS com o questionamento sobre a publicação por esse sistema das informações listadas em cada uma das tabelas.

Em uma análise imediata, apurados apenas a parcela de cada tabela que é satisfeita pelo SILOMS, o quociente entre a quantidade de informações fornecidas e o total solicitado, tem-se os seguintes resultados, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Percentual de atendimento do SILOMS.

Fonte	Qtd. de Informações	Qtd. de dados providos pelo SILOMS	Qtd. de dados não fornecidos pelo SILOMS	Atendimento %
Quadro 2 Nowlan e Heap	21	8	13	38,1
Quadro 3 Blanchard	15	11	4	73,3
Figura 5 MCA 400-15	14	9	5	64,3
TOTAL	50	28	22	56,0

Fonte: O autor.

Percebe-se o menor grau de atendimento no quadro de Nowlan e Heap (Quadro 2), que foi construída especificamente para a metodologia MSG-3. O quadro de Blanchard (Quadro 3), por estar em um contexto mais genérico dos dados de manutenção a serem coletados, apresenta o maior grau. Em posição intermediária, encontra-se o grau referente à figura do MCA 400-15 (Figura 5). Essa análise quantitativa, entretanto, provê uma avaliação incompleta sobre o grau de atendimento do SILOMS à metodologia MSG-3.

As três relações foram desenvolvidas em contextos e para aplicações distintas, mas é possível identificar dois segmentos em cada uma das três listas: cadastral e dinâmico. O primeiro diz respeito aos dados com características de identificação do item (PN, Nome, QPA), enquanto o segundo refere-se às características cujos valores evoluem ou se alteram ao longo do ciclo de vida (taxa de falha, reparos, modos de falha).

Especificamente o segmento dinâmico é o que mais requer da capacidade e integridade do sistema de informação, pois nele estão contidos os dados que devem ser registrados continuamente, conforme a utilização da aeronave. São registros que se alteram a cada mudança de estado do equipamento, de disponível para em pane ou em manutenção. Devem também ser registrados todos os resultados de diagnósticos e ações corretivas, visto que são dados imprescindíveis para o acompanhamento dos modos de falha. Vale ressaltar que esse processo ocorrerá ao longo de todo o ciclo de vida da aeronave.

No Quadro 4 sumariza-se apenas as informações que, por não constarem atualmente da estrutura de relatórios do SILOMS, não vêm sendo processadas de forma estruturada.

Quadro 4: Dados indisponíveis no SILOMS.

Fonte	Dados Indisponíveis no SILOMS
Quadro 2 Nowlan e Heap	2.b. Redundâncias e características de proteção (incluindo instrumentação).
	2.c. Equipamento de autoteste (BIT – <i>Built-in Test</i>).
	4.a. Aeronave pode ser despachada com o item em falha?
	4.b. Caso positivo, há condições limitadoras?
	5.a. Função do Item.
Quadro 3 Blanchard	5.b. Falhas funcionais para cada função.
	5.c. Modos de falha.
	5.d. Efeito da falha para cada modo de falha.
	5.e. Evidências de falha funcional.
	5.f. Efeitos da perda de função na capacidade operacional.
Figura 5 MCA 400-15	5.g. Efeitos da falha além da perda de função (danos secundários).
	5.h. Evidência de redução na resistência à falha que pode ser usada para definir condições de falha potencial.
	5.i. Experiência com outros equipamentos onde o mesmo item ou similar é utilizado.
	2.e. Atrasos na manutenção (espera por peça, atraso por equipamento de teste, paralisações, espera por mão de obra, etc.).
	3.b. Manuais utilizados.
Figura 5 MCA 400-15	3.c. Equipamentos de teste utilizados.
	3.d. Descrição das instalações utilizadas.
	i. TSNA (TSN Ajustado): horas de operação acumuladas desde novo em formato decimal.
	j. TSOA (TSO Ajustado): horas de operação acumuladas desde a última revisão geral em formato decimal.
	k. Remoção: Causa da Remoção. Neste item deve-se utilizar uma das seguintes categorias: Falha, TBO ou Teste Funcional.
	l. Causa da Falha: descrição da causa da falha, determinada quando da intervenção de manutenção no MSI.
	m. Categoria do Serviço Executado. No preenchimento da categoria do serviço executado, deve-se utilizar uma das seguintes opções: Inspeção e Teste, Reparo e Teste ou Revisão Geral.

Fonte: O autor.

A análise do Quadro 4 complementa o observado na Tabela 1 na medida em que a concentração das informações que não são providas pelo SILOMS é do segmento dinâmico. Os dados indisponíveis são os que devem ser utilizados para

um acompanhamento efetivo da operação de cada MSI e os que possibilitam acessar a confiabilidade operacional, tornando-se assim, misteres à lógica da metodologia MSG-3. A menos de controles paralelos ao SILOMS, nesse cenário, a indagação mais recorrente sobre o intervalo adequado da manutenção preventiva não poderá ser respondida adequadamente.

5 CONCLUSÃO

No presente artigo, buscou-se avaliar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo SILOMS, atende à metodologia MSG-3, que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas. Demonstrou-se que, eventualmente, evidências operacionais podem levar o COMAER a ter de revisar esse plano de manutenção, devendo tal revisão seguir os mesmos passos do processo inicial, complementado pelos dados reais de operação que são influenciados pelo ambiente operacional e perfil das missões executadas. A ação de revisão, ao buscar a redução dos custos de manutenção, encontra-se totalmente suportada pelos objetivos estabelecidos pela END e PEMAER.

A revisão da literatura apresentou os conceitos e a lógica do MSG-3 que levaram essa metodologia a ser amplamente utilizada no desenvolvimento de novas aeronaves. Em seguida, ao discorrer sobre o histórico do SILOMS e do seu papel na estrutura de suporte logístico do COMAER, constatou-se que esse sistema é a fonte de dados de

manutenção e operação para toda e qualquer análise logística.

A metodologia adotada favoreceu o levantamento dos dados requeridos pelo MSG-3, consolidando esses dados em uma lista de informações necessárias. De posse dessa lista, interações com a administração do SILOMS foram realizadas para identificar, de forma positiva, o grau de atendimento por parte desse sistema.

Na análise dos dados, constatou-se que, hoje, o SILOMS atende, parcialmente, às necessidades de dados para utilização do MSG-3 e que a parte não atendida corresponde aos dados que descrevem efetivamente o comportamento operacional de cada MSI, impedindo a aplicação da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Uma consequência imediata é a impossibilidade de uma revisão tecnicamente responsável dos intervalos de manutenção periódica em conformidade com o MSG-3. Sendo assim, mesmo com dados operacionais de aeronaves voando no singular ambiente amazônico desde 2006, a frota de C-105 segue e ainda seguirá o plano de manutenção original desenvolvido pelo fabricante europeu.

Finalmente, sugere-se um estudo que compatibilize as informações requeridas no MCA 400-15 “Manutenção Centrada na Confiabilidade” e as apontadas pelo trabalho de Nowlan e Heap com o SILOMS. Enquanto tais informações não estiverem devidamente disponibilizadas, qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas não estará devidamente suportada pela metodologia MSG-3.

REFERÊNCIAS

AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development**. Washington, DC: Air Transport Association of America, 2003.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 4 ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. MCA 400-15: Portaria COMGAP nº240/3EM, de 13 de novembro de 2007. Aprova a reedição do plano específico de desenvolvimento e manutenção do SILOMS para o período de 2008 a 2011. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 218, f. 7075, 19 nov. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material da Aeronáutica. MCA 400-15: Portaria DIRMAB nº10, de 10 de março de 2006. Aprova a edição do manual que trata da Manutenção Centrada na Confiabilidade. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, f. 2405, 20 abr. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **PEMAER: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010 – 2031**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

EADS CASA. **Maintenance review board document. Rev. 9**. Madrid: [s.n.], 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance**: report number AD-A066579. Springfield: United States Department of Commerce, 1978.

SILOMS. Disponível em: <<http://www.siloms.intraer>>. Acesso em: 23 maio 2013.

SPITLER, W. W. **A study of reliability centered aircraft maintenance and opportunities for application by the United States Coast Guard**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **NAVAIR 00-25-403: guidelines for the naval aviation Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process**. Washington, DC, 2003.

SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan

SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas

SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas

Lt Col Fabrício José Saito, Master
Aeronautical Material Park of São Paulo - PAMASP
São Paulo/SP - Brazil
fabriciojsaito@gmail.com

ABSTRACT

This paper is intended to present how a set of logistic information, made available by the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS), complies with MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) methodology, applied to Brazilian Air Force (FAB) C-105 Amazonas airship maintenance plan. The research, based on technical documents on MSG-3 and COMAER handbooks and instructions, has identified the information required to an eventual review of the maintenance plan. A comparison between the needs and the content made available by SILOMS has shown a partial compliance that hinders the plain use of MSG-3 methodology. In this paper it is concluded that this lack of information available makes unfeasible any initiative related to C-105 Amazonas airship maintenance plan review, if the correct support of MSG-3 methodology is a requirement.

Keywords: MSG-3. SILOMS. Maintenance plan. C-105 Amazonas.

Received / Recibido / Recebido
03/06/14

Accepted / Aceptado / Aceito
03/10/14

RESUMEN

Este artículo tiene como fin presentar de qué forma el grupo de informaciones logísticas, ofrecidas por el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS), cumple con la metodología MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas de la Fuerza Aérea Brasileña. La investigación, basada en documentos técnicos sobre MSG-3 y en manuales e instrucciones del COMAER, identificó las informaciones necesarias para una eventual revisión del plan de mantenimiento. Al comparar las necesidades con aquello que es ofrecido por el SILOMS, se verificó un cumplimiento parcial que impide la utilización de la metodología MSG-3 en su plenitud. En este artículo se concluye que esa indisponibilidad de informaciones torna inviable cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, si el debido soporte de la metodología MSG-3 fuera un requisito.

Palabras-clave: MSG-3. SILOMS. Plan de mantenimiento. C-105 Amazonas.

RESUMO

Este artigo visa apresentar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), atende à metodologia MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. A pesquisa, com base em documentos técnicos sobre MSG-3 e em manuais e instruções do COMAER, identificou as informações necessárias para uma eventual revisão do plano de manutenção. Ao serem comparadas as necessidades com aquilo que é disponibilizado pelo SILOMS, verificou-se um atendimento parcial que impede a utilização da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Neste artigo conclui-se que essa indisponibilidade de informações torna inviável qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, se o devido suporte da metodologia MSG-3 for um requisito.

Palavras-chave: MSG-3. SILOMS. Plano de manutenção. C-105 Amazonas.

1 INTRODUCTION

Like most different military forces worldwide, the Aeronautic Command (COMAER) is also challenged to find solutions that make feasible the increase of efficiency in its several operations. Most of the challenges identified by this Command are listed in two documents basically: National Defense Strategy (END) and Aeronautic Military Strategic Plan 2010-2031 (PEMAER).

END establishes that, in times of peace

military organizations will be articulated to combine compliance with Job Hypotheses and the need to optimize maintenance costs and provide execution of instruction in specific operational environments. (BRASIL, 2008).

PEMAER composes END unfolding within COMAER ambit and clearly points to

the need that logistic activities are well tuned in technological evolution of tools that support maintenance and procurement logistic functions. (BRASIL, 2010).

In this context, it is perfectly aligned to the search for alternatives that lead to increases in airships availability with the proper maintenance costs reduction. Generally, efficiency measures are translated by means of the quotient between production (available airships) and inputs (budget resources). The effort

should be, therefore, to do more with less, attacking simultaneously the numerator and the denominator of this ratio. When focus is kept on airships availability and budget resources binomial, it is clear that the logistic support to a weapon system should be subject to permanent analysis and follow-up. Part of this analysis will mandatorily approach the frequency of maintenances (corrective and preventive) and the respective maintenance tasks, required to ensure a safe operation. However, every time these tasks occur, expenses are made and unavailability occurs.

The aeronautical systems technological evolution has shown to the market airships with larger operational capacity, and structures increasingly more complex. Modern airships are composed of several systems, with specific functions integrated. In this scenario, would it be correct to imagine that the safe operation of an airplane requires a solid knowledge of its systems functioning and interaction? Partially.

For a safe flight, it is required, no doubt, to understand the airship functioning, but this is not sufficient, since it is not enough to know how the system works, but to understand how it fails. In this sense, safety will also be ensured if the mechanic of all possible failures is perfectly identified and described.

Though not as clear as a design alteration, airships maintenance has evolved in failure mechanisms

understanding. Airships from the 50s presented rigorous preventive maintenance plans, contemplating, many times, the complete review of an equipment, system or airship. For a layman, to know that the plane was disassembled, reviewed and assembled again indicated safety warranty. For several years, this was common sense for airships like Douglas DC-3, DHC-5 Buffalo and Boeing 707, using only FAB patrimony airships as examples.

Today, analyzing these old maintenance plans, one observes that the lack of knowledge of failure process has taken to conservative decisions of requiring, periodically, the overhaul (disassembly, inspection, review and assembly task) of equipment, systems and airships. This paradigm lasted until the moment when larger and more complex airships maintenance plan started to require high levels of labor and costs. The counterpart was the low operational availability due to extended terms to fulfill maintenance tasks, which would make economically infeasible the use of future airships.

So, in face of the need to improve the maintenance plan and ensure acceptable safety levels, the RCM – Reliability Centered Maintenance – concept was introduced, where, essentially, failure modes are identified that affect the system functioning and, then, the consequences of each failure are assessed to finally be established, in maintenance plan, tasks applicable and effective to prevent functional failures. Nowlan and Heap (1978), presenting a new focus, have revolutionized the maintenance plan development process and have provided the logical basis for MSG-3 methodology.

When an airship goes into service, it is common that all operation data tried are not exactly those that were considered during the development. Thus, updated information should be collected to re-feed the MSG-3 process, and, then, eventually, review tasks and intervals of the original maintenance plan.

In COMAER ambit, the airship Central Park, is the body responsible for conducting the maintenance plan review process, while the Material and Services Logistic Integrated System (SILOMS) is the source of operational data. Such system would have, then, the role of providing the same set of information from equipment/systems used in the initial MSG-3 process.

The C-105 Amazonas is operating at COMAER since 2006 and its preventive maintenance plan was developed according to MSG-3, so, it is plausible to foresee a future need for the Central Park, São Paulo Aeronautical Material Park (PAMASP) to review C-105 Amazonas maintenance plan. This review, due to operational and economic impacts, should be object of study in order to ensure that C-105 Amazonas will have an efficient maintenance plan, coherent with the airship operational reality.

Given the challenges posed by END and PEMAER, this study, seeking maintenance efficiency, intends to

check SILOMS capacity to make available to PAMASP the maintenance data required by MSG-3 methodology.

2 LITERATURE REVIEW

This chapter presents the main concepts of a maintenance plan developed according to MSG-3, based on the work of Nowlan and Heap and document ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document. In the literature accessed, maintenance data required to methodology application are identified. Finally, to place this work in FAB logistic scenario, a SILOMS description is provided.

2.1 MSG-3 – History and concept

The development of a preventive maintenance plan always gives rise to economical and technical discussions. For equipment with complex systems like an airplane, whose failure may result in large losses, it is natural that a conservative behavior is adopted. Such thought has dominated the initial operation scenario of airships and maintenance paradigms, based on inspections and frequent changes of components. Maintenance plans were prevailing and a way to avoid occurrence of catastrophic failures. When the item presented unacceptable failure rates, the solution would be the increase of inspections, overhauls and replacements frequency.

In terms of project and fabrication, the 60s has seen large technological advances that affected positively the reliability inherent to aeronautical components, however maintenance plans of new airships did not present the same evolution rhythm. The consequence of keeping these old paradigms in more complex systems maintenance was the increase in support costs. On the second half of that decade, the development of the Boeing 747, first wide body airship, has brought the required motivation that led air companies analyze operational data, and it was observed that aeronautic systems reliability did not keep a direct relation with the frequency of inspections and interval of overhauls.

In July 1968, the Maintenance Steering Group (MSG), formed by Federal Aviation Administration (FAA) representatives, manufacturers and air companies, develop the Handbook MSG-1 (Maintenance Evaluation and Program Development), which would be used to elaborate the Boeing 747 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003) maintenance plan. That was the first attempt to apply the Reliability Centered Maintenance – RCM – concepts (NOWLAN; HEAP, 1978).

Then, improvements were incorporated to the decision process initially presented in MSG-1 and a second MSG-2 document (Airline/Manufacturer Maintenance

Program Planning Document) was developed and applied to Lockheed 1011 and Douglas DC-10 (NOWLAN; HEAP, 1978) airships maintenance plan. Both documents aimed to develop a preventive maintenance program, able to ensure maximum safety and operational reliability as close as possible of the inherent at a minimum cost. The initiative success was immediately noticed when maintenance plans of airships similar in size (DC-8 and DC-10) were compared. In order to keep the DC-8 a periodical review of 339 items would be required, while in DC-10, based on MSG-2, only 7 items presented the same demand (NOWLAN; HEAP, 1978).

In 1979, MSG group composition has gained diversity by counting on the participation of ATA (Air Transport Association), FAA, UK Civil Aviation Authority (CAA/UK), North-American Navy, foreign airlines and several components and motor manufacturers' representatives. Though keeping fundamental concepts, the new MSG-3 document was elaborated to make its application more friendly. (SPITLER, 1990).

Baptized as "Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document", the MSG-3, as a decision process, has brought improvements, as compared to MSG-2 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Among them, we may include:

- a) functional failure consequence analysis, categorizing it as safety and economic;
- b) incorporation of considerations on structural damages;
- c) orientation to maintenance task instead of process as was established in MSG-2;
- d) inclusion of service/lubrication task as part of the logic; and

e) clear separation of economically desirable and required tasks for a safe operation.

The MSG-3 process, as a whole, clearly defined the following objectives for a scheduled maintenance (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003):

- a) ensure that the airship inherent reliability and safety levels will be reached;
- b) recover the airship inherent reliability and safety levels when deterioration occurs;
- c) obtain required data for improvements of items project, whose inherent reliability is inadequate; and
- d) reach objectives at a minimum cost.

2.2 MSG-3 – The logic

The decision logic shall be applied to each MSI (Maintenance Significant Item). MCA 400-15 defines MSI as

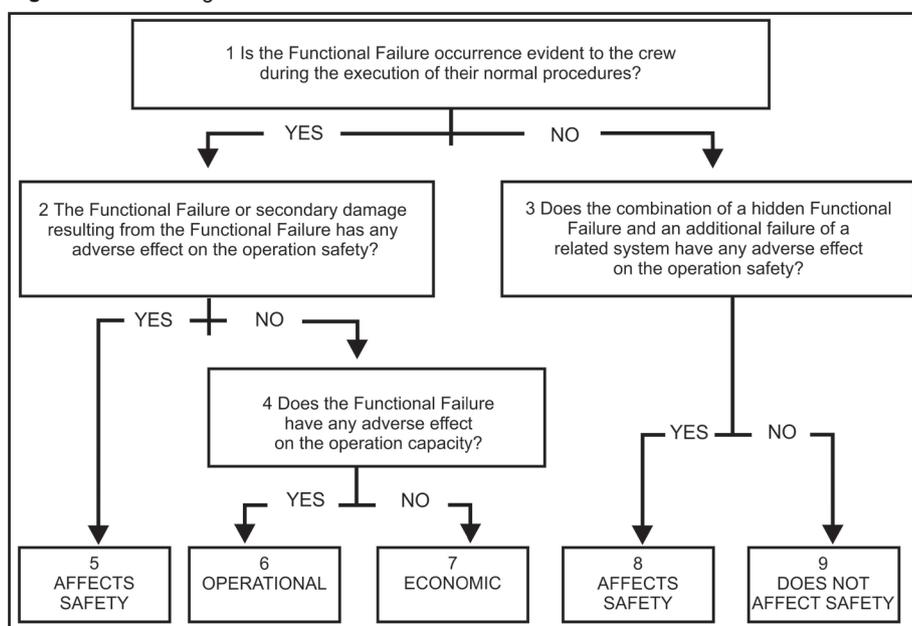
Significant maintenance item, whose functional failure presents operational, economic or safety impact on the system. Usually chosen based on a specific logic, seeking an excellent level of details of the system studied. (BRASIL, 2006).

For each MSI, it should be defined:

- a) function: what the item does in the system;
- b) functional failure: when the item does not fulfill its function;
- c) failure effect: result of the functional failure; and
- d) failure cause: reason why the failure occurred.

Figure 1 represents the logic to be applied in the first level of analysis (questions 1, 2, 3 and 4) and the search to identify each functional failure consequences in order to determine the failure effect category (categories 5, 6, 7, 8 or 9).

Figure 1: MSG-3 Logic Level 1.



Source: Brasil (2006).

2.3 MSG-3 – Criterion to chose maintenance task

At the second level, each MSI failure causes are searched, and immediately, the feasibility of a preventive maintenance task able to ensure the airship inherent reliability is assessed. For such, the following questions must be analyzed for failure categories from 5 to 9:

- a) is a lubrication task or service applicable and effective?
- b) is an operational or visual check applicable and effective? (hidden functional failure categories, 8 and 9)

c) is a functional inspection or check to detect the function degradation applicable and effective?

d) is a restoration task to reduce failure rate applicable and effective?

e) is a discard task to avoid failures or reduce failure rate applicable and effective?

f) is there any other task or task combination applicable and effective? (safety categories, 5 and 8)

Chart 1 below, adapted from MCA 400-15, contains the column “Example”, in which some typical tasks of scheduled maintenance are listed.

Chart 1: Tasks selection criterion.

TASK	APPLICATION CRITERION	EXAMPLE	SAFETY EFFECTIVITY	OPERATIONAL EFFECTIVITY	ECONOMIC EFFECTIVITY
LUBRICATION OR SERVICE	Replacement of consumption items should reduce functional degradation rate.	Lubricate hinges and check tires pressure.	The task should reduce failure risk.	The task should reduce failure risk to an acceptable level.	The task should be cost-effective (task cost lower than failure cost).
OPERATIONAL OR VISUAL CHECK	Failure identification should be possible.	Check oil level.	The task should ensure adequate availability of hidden function in order to reduce multiple failures risk.	Not applicable.	The task should ensure adequate availability of hidden function in order to avoid multiple failures economic effects and be cost-effective (task cost lower than failure cost).
FUNCTIONAL INSPECTION OF CHECK	Reduction of resistance to failure should be detectable. There must be a reasonable interval between the degradation condition and the functional failure.	Visual inspection of engine, x-ray, ultrasound.	The task should reduce failure risk to ensure a safe operation.	The task should reduce failure risk to an acceptable level.	The task should be cost-effective (task cost lower than failure cost).
RECOVERY	MSI should present characteristics of functional degradation in an identifiable operational age and most units should survive until this specified age. It should be possible to restore the MSI until an acceptable standard of failure resistance.	Cleaning of filter, engine overhaul.	The task should reduce failure risk to ensure a safe operation.	The task should reduce failure risk to an acceptable level.	The task should be cost-effective (task cost lower than failure cost).
DISCARD	MSI should present characteristics of functional degradation in an identifiable operational age and most units should survive until this specified age.	Change of filters, items with useful life limit.	Discard at limit age should reduce failure risk and ensure safe operation.	The task should reduce failure risk to an acceptable level.	Discard task at limit age of MSI should be cost-effective (task cost lower than failure cost).

Source: Adapted from Brasil (2006).

As the logic is applied, in case no adequate maintenance action is reached, the system re-project is mandatory, because safety is essential.

2.4 MSG-3 – Tasks interval

Having defined the maintenance tasks able to avoid the undesired failure, we get to another dimension of any maintenance plan: definition of each task periodicity. The most adequate maintenance frequency should be selected, based on information available on the system operation. Maintenance intervals may be defined, for example, in terms of time units, days, flight hours and landings.

ATA MSG-3 and NAVAIR 00-25-403 identify aspects to be considered in the following maintenance tasks:

a) lubrication or service – focus on failure prevention:

- interval based on the item use and its deterioration characteristics; and
- weather conditions and operational environment should be considered to define deterioration characteristics.

b) operational or visual check – focus on failure identification:

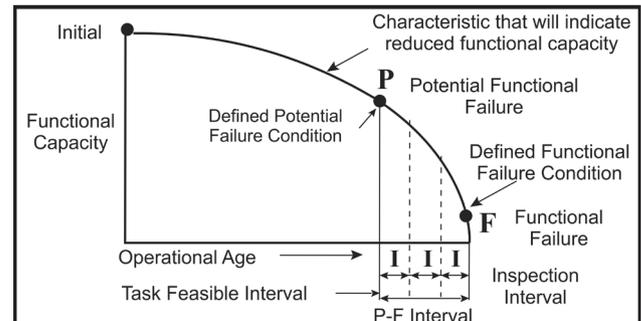
- time of exposure to a hidden failure and potential consequences in case the hidden function is not available;
- intervals should reduce the probability of occurrence of multiple failures to a tolerable level; and
- probability that the task itself leads hidden function to failure.

c) functional inspection or check – focus on potential failure identification:

- there must be a clear condition for potential failure;
- such condition should be detectable and indicate that a failure process is in progress. When the inspection reveals such conditions (“on condition” task), corrective action shall be conducted. On condition task occurs only when required, letting the equipment operate until a new potential failure is detected, maximizing its useful life and minimizing repair costs; and
- Figure 2 of P-F Curve, shows that, at the moment when functional degradation ratio is identified, one interval I is established so that

there is wide opportunity for this condition to be detected before the equipment functional failure. For such, there must be a defined condition of potential failure (P point) and the time estimate, until the functional failure (F point) is reached.

Figure 2: P-F Curve.

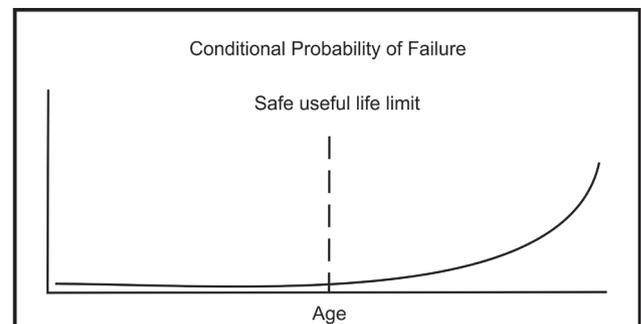


Source: Adapted from United States of America (2003, p. III-14, our translation).

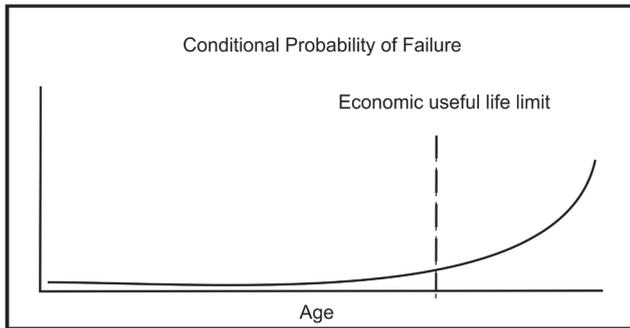
d) recovery or discard – focus on avoiding failure:

- intervals should be based on the concept of existing a useful life limit to the component, requiring overhaul or replacement so that the reliability inherent to the system is recovered;
- two terms are used to distinguish the item whose useful life limit affects safety from the item that causes only economic impact: safe useful life limit and economic useful life limit, respectively;
- safe useful life limit should ensure that failure occurrence will not occur (Figure 3), because failure consequences affect safety; and
- economic useful life limit causes just economic impacts, and can include risk of eventual failure (Figure 4).

Figure 3: Safe useful life limit.



Source: United States of America (2003, p. III-18, our translation).

Figure 4: Economic useful life limit.

Source: United States of America (2003, p. III-18, our translation).

The challenge of establishing the appropriate interval will remain throughout the whole operational life of the airship, and may evolve along this period. Hence the indispensable need for a precise and complete record of the different equipment functional history, since such information, when duly analyzed, will support future reviews of the maintenance plan.

2.5 SILOMS

On January 21, 1993, the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS) was created in order to unify COMAER logistic processes by means of an integrated data base. For that, one single tool would be made available to manage activities, to standardize methods and processes.

SILOMS is an online system, ERP (Enterprise Resources Planning) type, which comprises MRP II (Management Resources Planning) functionalities with a centralized data bank, destined to support COMAER logistic activities management, integrating the supply chain, as well as the whole Material Catalog by OTAN System. Besides, it is integrated to the Catalog Military System – SISMICAT (SILOMS, 2013).

To reach its objective, SILOMS is divided in modules and sub modules, among which the most important are Administration, Acquisition, Procurement, Fuels and Lubricants, Cataloguing, Maintenance, Transport, Human Resources, Support to Decision and Military Equipment (BRASIL, 2007). Specifically, in Maintenance module the following activities are carried out: planning of resources required to maintenance; services planning and programming; defects control and analysis; and obtention of logistic indicators.

For that, it is divided in the following sub modules: Production, Control, Planning, Engineering and Publishing.

Currently, SILOMS is effectively used by around 333 (three hundred and thirty three) units in all states of the country, with a total of over 15,000 (fifteen thousand) users registered (SILOMS, 2013).

3 METHODOLOGY

This work consisted of documental research based on official and technical document analysis. The methodology adopted is based on the following aspects:

a) survey the set of data required to elaborate a maintenance plan according to MSG-3 methodology. For that, a literature review was required to obtain a list of maintenance and operation data which should be made available to the analyses defined in MSG-3 methodology;

b) based on C-105 Amazonas airship maintenance plan, take as sample the maintenance task related to the hydraulic pump for illustrative purposes of MSG-3 methodology final product, and to assist in the research on maintenance data currently made available by SILOMS. Alternative sources (or non official) which could meet MSG-3 analysis are not considered;

c) with a brief presentation of the item, check SILOMS capacity to provide required information so that PAMASP could carry out a maintenance task review under e MSG-3;

d) the work with SILOMS included interviews with programmers and access to the system itself in its current version; and

e) during these opportunities, it was positively checked whether SILOMS provided the information by asking for the report and/or module/sub module that would make available the required datum.

4 DATA PRESENTATION AND ANALYSIS

Nowlan and Heap (1978) stated that a scheduled maintenance program should be dynamic and the airship user should count on a system for equipment operational data collection and analysis. This information is required to determine necessary improvements and changes, both in manufacturer original plan and in the product per se. The authors have also presented information required to Reliability Centered Maintenance (RCM), as shown in Chart 2.

Chart 2: Data required for analysis.

1. Item identification	<ul style="list-style-type: none"> a. Type of airship b. System designation c. Name d. Manufacturer PN e. Amount per airship (QPA)
2. Item information	<ul style="list-style-type: none"> a. Description (function and main components) b. Redundancies and protection characteristics (including instrumentation) c. Self-test equipment (BIT – Built-in Test)
3. Reliability data	<ul style="list-style-type: none"> a. Premature removal rate b. Failure rate
4. Operational restrictions	<ul style="list-style-type: none"> a. Airship can be shipped with item in failure? b. If Yes, are there limiting conditions?
5. Data for RCM / MSG-3	<ul style="list-style-type: none"> a. Item function b. Functional failures for each function c. Failure modes d. Failure effect for each failure mode e. Functional failure evidences f. Effects of function loss on operational capacity g. Effects of failure beyond function loss (secondary damages) h. Evidence of reduction in failure resistance that can be used to define conditions of potential failure i. Experience with other equipment where the same item or similar is used.

Source: Nowlan and Heap (1978).

Though his work is not dedicated to MSG-3 and RCM, Blanchard (1992) presents a list of data that should be treated by a maintenance management system. Such system should have forms for complete

data collection and should be easily understood. Chart 3 below, adapted from Blanchard (1992), presents information that should be common to this type of information systems.

Chart 3: System maintenance data.

1. System factors	<ul style="list-style-type: none"> a. Equipment and manufacturer PN b. Serial number c. System operation time when event has not occurred d. Mission segment when event occurred e. Event description (symptom of failure for not programmed actions)
2. Maintenance factors	<ul style="list-style-type: none"> a. Maintenance requirements (repair, calibration, services, etc.) b. Description of maintenance task c. Downtime for maintenance d. Time of effective maintenance e. Delays in maintenance (wait for part, delay for testing equipment, downtime, wait of labor, etc.)
3. Logistic factors	<ul style="list-style-type: none"> a. Start and end times for each technician work b. Handbooks used c. Testing equipment used d. Description of facilities used e. Identification of replaced material

Source: Adapted from Blanchard (1992, p. 329, our translation).

To complement all that, MCA 400-15 establishes, for each Reliability Centered Maintenance methodology, the need to fulfill collection and organization phase while analyzing maintenance data. For that, a standardized spreadsheet is presented, according to Figure 5, for record of information.

Figure 5: Standardized spreadsheet.

Part I: Information on MSI									
MSI									
PN									
Manufacturer									
TBO									
TO									
Part II: Failure data									
SN	TSN	TSO	TSNA	TSOA	Removal	Failure cause	OBS	HH Repair	

Source: Brasil (2006).

Where:

- a) MSI: item name;
- b) PN (Part Number): MSI code, assigned by manufacturer;
- c) manufacturer: manufacturer name/code (MFG);
- d) TBO (Time Between Overhauls): interval between general reviews;
- e) TO (Technical Order): MSI review and operation technical order;
- f) SN (Serial Number): item serial number;
- g) TSN (Time Since New): accumulated operation hours, since new, in hours: minutes format, according to record in MSI history card;
- h) TSO (Time Since Overhaul): accumulated operation hours since the last overhaul, in hours: minutes format, according to record in MSI history card;
- i) TSNA (Adjusted TSN): accumulated operation hours, since new, in decimal format;
- j) TSOA (Adjusted TSO): accumulated operation hours since the last overhaul, in decimal format;
- k) removal: cause of removal. In this item, one of the following categories shall be used: Failure, TBO or Functional Test;
- l) failure cause: description of failure cause, determined when MSI maintenance intervention occurs;
- m) category of service executed. To complete the executed service category, one of the following options should be used: Inspection and Test or Overhaul; and
- n) HH Repair: Number of men-hour used in maintenance action.

As indicated in 3.b, the maintenance task that was used as example in this work is related to Hydraulic Pump models MPEV3-011-8UK2B and MPEV3-011-8UK2C, manufactured by Eaton Aerospace to CASA-295 (C-105 Amazonas) airship. It is a pump with electric engine to supply 3,000 psi pressure to the airship hydraulic system.

As exercise of the logic presented in 2.2, one can, in a simplified way, and for just one failure mode, define for this selected MSI the following:

- a) function: provide continuous hydraulic flow to the 3,000 psi pressure for appropriate operation of the airship system which are hydraulically driven;
- b) functional failure: do not provide continuous hydraulic flow to the 3,000 psi pressure;
- c) failure effect: pump overheat; and
- d) failure cause: defective bearings.

From this point on, for one of the possible causes, the description in 2.3 applies to check the need of maintenance task for this item. Developing the analysis described in 2.4, this task interval is defined. In consultation to the airship maintenance plan, maintenance card 29.11.00.04 (Figure 6) is observed, the result of the methodology application. The task is the pump removal, at each 2,000 hours of flight, for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes with regards to cleaning, wear and condition.

Figure 6: Maintenance card 29.11.00.04.

Task Number		TASK			AMM Ref.	MSI / TASK DESCRIPTION
Type	Cat	Interval	Effect			
ATA 29: HYDRAULIC POWER						
MSI 29.11.00.: MAIN HYDRAULIC POWER						
29.11.00.01	SV	9	S	ALL	12-12-29 29-11-00	Check hydraulic fluid level on Hydraulic Reservoir.
29.11.00.02	IN	6	S	ALL	29-11-00	General visual inspection of Differential Pressure Indicators of Return, Pressure and Case Drain Filters on Modular Unit for correct indication.
29.11.00.03	OP	9	C	ALL	29-11-00	Operational check of Manual Control Mode.
29.11.00.04	IN	6	2000FH	ALL	29-11-51	Remove Hydraulic Electrical Motor Driven Pump for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes for cleanliness, wear and condition.

Source: EADS CASA (2010, our emphasis).

Charts 2 and 3 and Figure 5 were sent to SILOMS with a questioning on the publication by this information system listed in each chart.

In an immediate analysis, with only each chart portion complied with by SILOMS calculated, the quotient between amount of information provided and the total requested, we obtain the results below, according to Table 1.

Table 1: Percent of SILOMS compliance.

Source	Amount of information	Amount of data provided by SILOMS	Amount of data not provided by SILOMS	Compliance %
Chart 2 Nowlan and Heap	21	8	13	38,1
Chart 3 Blanchard	15	11	4	73,3
Figure 5 MCA 400- 15	14	9	5	64,3
TOTAL	50	28	22	56,0

Source: The author.

We can observe a lower level of compliance in Nowlan and Heap Chart (Chart 2), which was built specifically to MSG-3 methodology. Blanchard Chart (Chart 3), for being in a more generic context of maintenance data, presents the higher level. In intermediary position, the level corresponding to MCA 400-15 figure (Figure 5). This quantitative analysis, however, provides an incomplete assessment of SILOMS level of compliance with MSG-3 methodology.

The three relations were developed in distinct contexts and for distinct applications, but it is possible to identify two segments in each one of the three lists: cadastral and dynamic. The first is about data with item identification characteristics (PN, Name, QPA), while the second corresponds to characteristics whose values evolve or change along the life cycle (failure rate, repairs, failure modes).

Specifically, the dynamic segment is the one that requires more capacity and integrity for the information system, for in it are contained data that must be continuously recorded, according to the airship use. These are records that change at each change of the equipment state, from 'available' to 'breakdown' or 'under maintenance'. All results from diagnoses and corrective actions shall also be recorded, since they are indispensable to failure modes follow-up. It is worth emphasizing that this process will occur along the whole life cycle of the airship.

Chart 4 summarizes only information that, for not being included currently in SILOMS reports structure, have not been processed in a structured way.

Chart 4: Data not available on SILOMS.

Source	Data not available on SILOMS
Chart 2 Nowlan and Heap	2.b. Redundancies and protection characteristics (including instrumentation).
	2.c. Self-test equipment (BIT – Built-in Test).
	4.a. Can airship be shipped with failure in item?
	4.b. If Yes, are there limiting conditions?
	5.a. Item function.
	5.b. Functional failures for each function
	5.c. Failure modes.
	5.d. Failure effect for each failure mode.
	5.e. Functional failure evidences.
Chart 3 Blanchard	5.f. Effects of function loss on operational capacity.
	5.g. Effects of failure beyond function loss (secondary damages).
	5.h. Evidence of reduction in failure resistance that can be used to define conditions of potential failure.
	5.i. Experience with other equipment where the same item or similar is used.
	2.e. Delays in maintenance (wait for part, delay by test equipment, downtime, wait for labor, etc.).
	3.b. Handbooks used
	3.c. Testing equipment used.
	3.d. Description of facilities used.
	i. TSNA (Adjusted TSN): accumulated operation hours, since new, in decimal format.
Figure 5 MCA 400-15	j. TSOA (Adjusted TSO): accumulated operation hours since the last overhaul, in decimal format.
	k. Removal: cause of removal. In this item, one of the following categories shall be used: Failure, TBO or Functional.
	l. Failure cause: description of failure cause, determined when MSI maintenance intervention occurs.
	m. Category of service executed. To complete the executed service category, one of the following options should be used: Inspection and Test, Repair and Test or Overhaul.

Source: The author.

The analysis of Chart 4 complements the aspects observed in Table 1 to the extent that information concentration not provided by SILOMS is from the dynamic segment. Unavailable data are those that should

be used to an effective follow up of each MSI operation and those that allow the access to operational reliability, becoming, thus, required to MSG-3 methodology logic. With regard to SILOMS parallel controls, in this scenario, the most recurring question about the preventive maintenance appropriate interval cannot be appropriately answered.

5 CONCLUSION

In the present paper, we have attempted to assess how the set of logistic information, made available by SILOMS, meets MSG-3 methodology, which was applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan. It was shown that, eventually, operational evidences may make COMAER review this maintenance plan, and such review should follow the same steps as the initial process, complemented by actual operation data that are influenced by the operational environment and profile of missions executed. The review action, as it seeks maintenance costs reduction, is totally supported by objectives established by END and PEMAER.

The literature review presented MSG-3 concepts and logic, the reason why the methodology is widely used in the development of new airships. Then, as SILOMS history is described and its role in COMAER logistic support structure, it was observed that this system is

the source of maintenance and operation data for all and any logistic analysis.

The methodology adopted has favored the survey of data required by MSG-3, consolidating such data in a list of required information. With this list, interactions with SILOMS administration were carried out to identify, positively, the level of compliance by the system.

In data analysis, it was observed that, today, SILOMS meets, partially, the need for data to be used by MSG-3 and that the portion not met corresponds to data that effectively describe each MSI operational behavior, impeding MSG-3 the full application of the MSG-3. One immediate consequence is the impossibility of a technically responsible review of periodic maintenance intervals according to MSG-3. Therefore, even with airships operational data flying on the unique Amazon environment since 2006, C-105 fleet follows and will keep on following the original maintenance plan developed by the European manufacturer.

Finally, it is suggested a study that makes information required in MCA 400-15 “Reliability Centered Maintenance” compatible with those indicated in Nowlan and Heap with SILOMS. While such information is not duly made available, any initiative corresponding to C-105 Amazonas airship maintenance plan review will not be duly supported by MSG-3 methodology.

REFERENCES

AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development**. Washington, DC: Air Transport Association of America, 2003.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 4 ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. MCA 400-15: Portaria COMGAP nº240/3EM, de 13 de novembro de 2007. Aprova a reedição do plano específico de desenvolvimento e manutenção do SILOMS para o período de 2008 a 2011. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 218, f. 7075, 19 nov. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material da Aeronáutica. MCA 400-15: Portaria DIRMAB nº10, de 10 de março de 2006. Aprova a edição do manual que trata da Manutenção Centrada na Confiabilidade. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, f. 2405, 20 abr. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **PEMAER: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010 – 2031**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

EADS CASA. **Maintenance review board document. Rev. 9**. Madrid: [s.n.], 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance: report number AD-A066579**. Springfield: United States Department of Commerce, 1978.

SILOMS. Disponível em: <<http://www.siloms.intraer>>. Acesso em: 23 maio 2013.

SPITLER, W. W. **A study of reliability centered aircraft maintenance and opportunities for application by the United States Coast Guard**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **NAVAIR 00-25-403: guidelines for the naval aviation Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process**. Washington, DC, 2003.

SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas

SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan

SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas

Ten Cel Eng Fabrício José Saito, Maestro
Parque de Material Aeronáutico de São Paulo - PAMASP
São Paulo/SP - Brasil
fabriciojsaito@gmail.com

RESUMEN

Este artículo tiene como fin presentar de qué forma el grupo de informaciones logísticas, ofrecidas por el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS), cumple con la metodología MSG-3 (*Maintenance Steering Group-3*) que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas de la Fuerza Aérea Brasileña. La investigación, basada en documentos técnicos sobre MSG-3 y en manuales e instrucciones del COMAER, identificó las informaciones necesarias para una eventual revisión del plan de mantenimiento. Al comparar las necesidades con aquello que es ofrecido por el SILOMS, se verificó un cumplimiento parcial que impide la utilización de la metodología MSG-3 en su plenitud. En este artículo se concluye que esa indisponibilidad de informaciones torna inviable cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, si el debido soporte de la metodología MSG-3 fuera un requisito.

Palabras-clave: MSG-3. SILOMS. Plan de mantenimiento. C-105 Amazonas.

Recibido / Received / Recebido
06/03/14

Aceptado / Accepted / Aceito
10/03/14

ABSTRACT

This paper intended to present how a set of logistic information, made available by the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS), complies with MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) methodology, applied to Brazilian Air Force (FAB) C-105 Amazonas airship maintenance plan. The research, based on technical documents on MSG-3 and COMAER handbooks and instructions, has identified the information required to an eventual review of the maintenance plan. A comparison between the needs and the content made available by SILOMS has shown a partial compliance that hinders the plain use of MSG-3 methodology. In this paper it is concluded that this lack of information available makes unfeasible any initiative related to C-105 Amazonas airship maintenance plan review, if the correct support of MSG-3 methodology is a requirement.

Keywords: MSG-3. SILOMS. Maintenance plan. C-105 Amazonas.

RESUMO

Este artigo visa apresentar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), atende à metodologia MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. A pesquisa, com base em documentos técnicos sobre MSG-3 e em manuais e instruções do COMAER, identificou as informações necessárias para uma eventual revisão do plano de manutenção. Ao serem comparadas as necessidades com aquilo que é disponibilizado pelo SILOMS, verificou-se um atendimento parcial que impede a utilização da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Neste artigo conclui-se que essa indisponibilidade de informações torna inviável qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, se o devido suporte da metodologia MSG-3 for um requisito.

Palavras-chave: MSG-3. SILOMS. Plano de manutenção. C-105 Amazonas.

1 INTRODUCCIÓN

Como las más diversas fuerzas militares en el mundo, el Comando de la Aeronáutica (COMAER) también es desafiado a encontrar soluciones que permitan aumentar la eficiencia en sus diversas operaciones. La mayoría de los desafíos identificados por ese Comando se encuentran listados básicamente en dos documentos: la Estrategia Nacional de Defensa (END) y el Plan Estratégico Militar de la Aeronáutica 2010-2031 (PEMAER).

La END establece que, en tiempos de paz

las organizaciones militares serán articuladas para conciliar el cumplimiento de las Hipótesis de Empleo con la necesidad de optimizar sus costos de mantenimiento y para proporcionar la realización del adiestramiento en ambientes operativos específicos. (BRASIL, 2008).

El PEMAER compone el desdoblamiento de la END en el ámbito del COMAER y claramente apunta

a la necesidad de que las actividades de logística estén bastante sintonizadas en la evolución tecnológica de las herramientas que apoyan las funciones logísticas de mantenimiento y suministros. (BRASIL, 2010).

En ese contexto, se encuentra perfectamente alineada la búsqueda por alternativas que incluyan aumentos en la oferta de aeronaves con la debida reducción en los costos de mantenimiento. De forma general, las medidas de eficiencia son traducidas por medio del cociente entre producción (aeronaves disponibles) e insumos (recursos presupuestarios).

Por lo tanto, el esfuerzo debe ser, hacer más con menos, atacando simultáneamente el numerador y el denominador de esa razón. Al mantenerse el foco en el binomio disponibilidad de aeronaves y recursos presupuestarios, queda claro que el soporte logístico de un sistema de armas debe ser objeto de permanente análisis y seguimiento. Parte de ese análisis, obligatoriamente, abordará la frecuencia de mantenimientos (correctivos y preventivos) y las respectivas tareas de mantenimiento, necesarias para garantizar una operación segura. No obstante, siempre que esas tareas se llevan a cabo, se realizan gastos y el sistema queda indisponible.

La evolución tecnológica de los sistemas aeronáuticos ha presentado al mercado aeronaves de mayor capacidad operativa, con estructuras cada vez más complejas. Las aeronaves modernas están compuestas por diversos sistemas, con funciones específicas integradas. En ese escenario, ¿sería correcto imaginar que la operación segura de un avión requiere un sólido conocimiento del funcionamiento y de la interacción de sus sistemas? En parte.

Para un vuelo seguro, se debe, sin duda, comprender el funcionamiento de la aeronave, pero eso no es suficiente, visto que no basta solo saber cómo funciona el sistema, sino entender como falla. En ese sentido, la seguridad también será garantizada si la mecánica de todas las posibles fallas sea perfectamente identificada y descrita.

Aunque no tan visible como una alteración de diseño, el mantenimiento de aeronaves evolucionó en la comprensión creciente de los mecanismos de falla. Las aeronaves de la década del 50 presentaban planes de mantenimiento preventivo rigurosos, contemplando, muchas veces, la revisión

completa de un equipamiento, sistema o aeronave. Para un lego, saber que el avión fue desmontado, inspeccionado, revisado y montado nuevamente se traducía en garantía de seguridad. Por varios años, eso fue de sentido común para aeronaves como Douglas DC-3, DHC-5 Buffalo y Boeing 707, tomadas como ejemplo sólo aeronaves del acervo de la FAB.

Hoy en día, analizando esos antiguos planes de mantenimiento, se verifica que el desconocimiento del proceso de falla llevó a decisiones conservadoras de exigir, periódicamente, el *overhaul* (tarea de desmontar, inspeccionar, revisar y montar) de equipamientos, sistemas y aeronaves. Ese paradigma duró hasta el momento en que el plan de mantenimiento de aeronaves mayores y más complejas pasó a exigir elevados niveles de mano de obra y costos. La contrapartida era la baja disponibilidad operativa en virtud de los plazos dilatados para cumplir las tareas de mantenimiento, que dejarían inviables económicamente el uso de las futuras aeronaves.

Así, dada la necesidad de perfeccionar el plan de mantenimiento y de garantizar niveles de seguridad aceptables, se presentó el concepto de RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), en que, en esencia, se identifican los modos de falla que afectan el funcionamiento del sistema y, en seguida, se evalúan las consecuencias de cada falla para que, finalmente, se establezcan, en el plan de mantenimiento, las tareas aplicables y efectivas para prevenir fallas funcionales. Nowlan y Heap (1978), al presentar el nuevo enfoque, revolucionaron el proceso de desarrollo de plan de mantenimiento y proporcionaron la base lógica para la metodología MSG-3.

Con la entrada en servicio de una aeronave, es común que los datos de operación percibidos no sean exactamente los que fueron considerados durante el desarrollo. De esa forma, deben recolectarse informaciones actualizadas para realimentar el proceso MSG-3 y, así, eventualmente, revisar tareas e intervalos del plan de mantenimiento original.

En el ámbito del COMAER, el Parque Central de la aeronave es el órgano responsable por conducir el proceso de revisión del plan de mantenimiento, mientras el Sistema Integrado de Logística de Material y Servicios (SILOMS) es la fuente de datos operativos. Ese sistema tendría, entonces, el papel de proveer el mismo grupo de informaciones de equipamientos/sistemas que fue utilizado en el proceso MSG-3 inicial.

El C-105 Amazonas está en operación en el COMAER desde 2006 y su plan de mantenimiento preventivo fue desarrollado según el MSG-3, por lo tanto es plausible prever una necesidad futura de que el Parque Central, Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMASP), revise el plan de mantenimiento del C-105 Amazonas. Esa revisión, en razón de impactos operativos y económicos, debe ser objeto de estudio para garantizar que el C-105 Amazonas disponga de un plan de mantenimiento eficiente y coherente con la realidad operativa de la aeronave.

Dados los desafíos impuestos por la END y por el PEMAER, este estudio, en la búsqueda de la eficiencia

del mantenimiento, pretende verificar la capacidad de que el SILOMS ofrezca al PAMASP los datos de mantenimiento requeridos por la metodología MSG-3.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Este capítulo presenta los principales conceptos de un plan de mantenimiento desarrollado de acuerdo con el MSG-3, teniendo como base el trabajo de Nowlan y Heap y el documento ATA MSG-3: *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*. En la literatura consultada, se identifican los datos de mantenimiento requeridos para aplicar la metodología. Finalmente, para situar este trabajo en el escenario logístico de la FAB, se hace una descripción del SILOMS.

2.1 MSG-3 – Historial y concepto

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo siempre trae a escena discusiones económicas y técnicas. Para un equipamiento con sistemas complejos como un avión, cuya falla puede resultar en grandes pérdidas, es natural que se adopte un comportamiento conservador. Ese pensamiento dominó el escenario inicial de operación de aeronaves y paradigmas de mantenimiento, basados en inspección e intercambios frecuentes de componentes. Los planes de mantenimiento fueron dominantes como forma de evitar fallas catastróficas. Cuando el ítem presentaba tasas de falla inaceptables, la solución consistía en aumentar la frecuencia de inspecciones, revisiones generales y sustituciones.

En términos de proyecto y fabricación, la década del 60 trajo grandes avances tecnológicos que afectaron positivamente la confianza inherente hacia los componentes aeronáuticos, aunque el plan de mantenimiento de las nuevas aeronaves no tuvo el mismo paso evolucionario. La consecuencia de continuar con esos paradigmas antiguos de mantenimiento de sistemas más complejos fue el crecimiento de los costos de soporte. En la segunda mitad de esa década, el desarrollo del Boeing 747, primera aeronave *wide body*, trajo la motivación necesaria que llevó a las compañías aéreas a analizar los datos operativos, habiendo verificado que la confianza de los sistemas aeronáuticos no guardaba relación directa con la frecuencia de las inspecciones y el intervalo de revisiones generales.

En julio de 1968, el *Maintenance Steering Group* (MSG), formado por representantes del Federal Aviation Administration (FAA), fabricantes y compañías aéreas, desarrolló el Handbook MSG-1 (*Maintenance Evaluation and Program Development*), que sería usado para elaborar el plano de mantenimiento del Boeing 747 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Ese fue el primero intento de aplicar los conceptos de Mantenimiento Centrado en Confianza (RCM – *Reliability Centered Maintenance*) (NOWLAN; HEAP, 1978).

En seguida, fueron incorporadas mejoras al proceso decisorio inicialmente presentado en el MSG-1 y fue

desarrollado y aplicado a los planes de mantenimiento de las aeronaves Lockheed 1011 y Douglas DC-10 (NOWLAN; HEAP, 1978) un segundo documento MSG-2 (*Airline/Manufacturer Maintenance Program Planning Document*). Ambos documentos tenían el objetivo de desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, capaz de garantizar la máxima seguridad y confiabilidad operativa lo más cercano a lo inherente a un costo mínimo. El éxito de la iniciativa fue inmediatamente percibido al comparar los planes de mantenimiento de aeronaves semejantes en tamaño (DC-8 e DC-10). Mientras para mantener el DC-8 sería necesaria la revisión periódica de 339 ítems, en el DC-10, que se basó en el MSG-2, solo siete presentaban la misma demanda (NOWLAN; HEAP, 1978).

En 1979, la composición del grupo MSG ganó en diversidad al contar con la participación de representantes de la ATA (Air Transport Association), FAA, Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (CAA/UK), Marina Norteamericana, compañías aéreas extranjeras y diversos fabricantes de componentes y motor. Aunque haya mantenido los conceptos fundamentales, el nuevo documento MSG-3 fue elaborado para tornar su aplicación más amigable (SPITLER, 1990).

Bautizado como “*Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*” (Documento de desarrollo de mantenimiento programado del Operador/Fabricante), el MSG-3, como proceso de decisión, trajo mejoras, comparado al MSG-2 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Entre ellas se puede citar:

- a) análisis de consecuencia de la falla funcional, categorizándola en seguridad y economía;
- b) incorporación de consideraciones sobre daños estructurales;
- c) orientación a la tarea de mantenimiento en vez del proceso como es establecido en el MSG-2;

- d) inclusión de la tarea de servicio/lubricado como parte de la lógica; y
- e) separación clara entre tareas económicamente deseables y necesarias para una operación segura.

El proceso MSG-3, como un todo, define claramente los siguientes objetivos de un mantenimiento programado (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003):

- a) garantizar que se alcancen los niveles inherentes de confiabilidad y seguridad de la aeronave;
- b) cuando se diera un deterioro, restaurar los niveles inherentes de confiabilidad y seguridad de la aeronave;
- c) obtener datos necesarios para mejorar el proyecto de ítems, cuya confiabilidad inherente sea inadecuada; y
- d) alcanzar sus objetivos a un costo mínimo.

2.2 MSG-3 – La lógica

La lógica de decisión debe ser aplicada en cada MSI (*Maintenance Significant Item*). El MCA 400-15 define MSI como

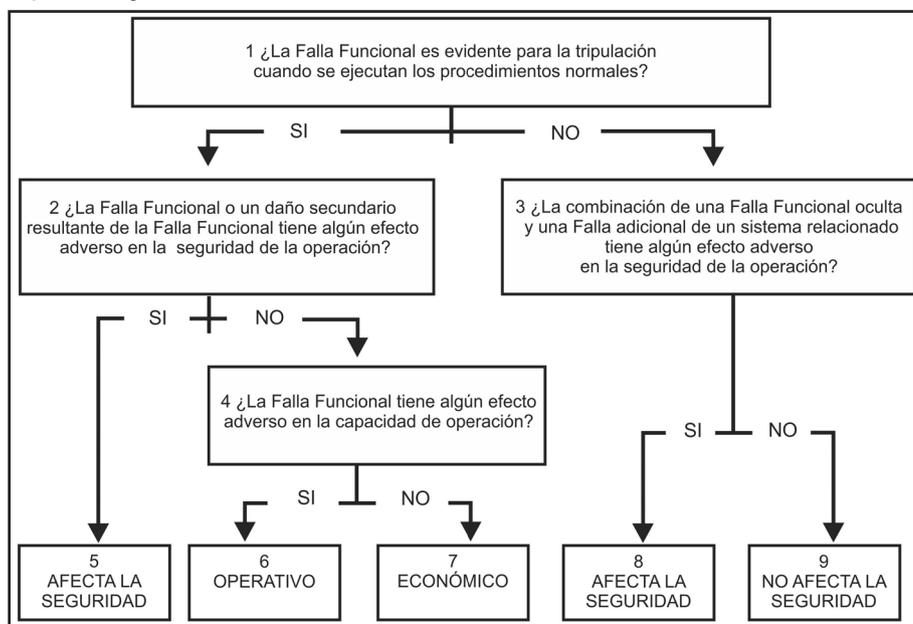
ítem significativo de mantenimiento, cuya falla funcional tiene impacto operativo, económico o en la seguridad de un sistema. Normalmente escogido basado en una lógica específica, buscando un nivel excelente de detalle del sistema estudiado. (BRASIL, 2006).

Para cada MSI se debe definir:

- a) función: lo que el ítem realiza en el sistema;
- b) falla funcional: cuando el ítem no realiza la función;
- c) efecto de la falla: resultado de la falla funcional; y
- d) causa de la falla: razón por la cual ocurrió la falla.

La Figura 1 representa la lógica a ser aplicada en el primer nivel de análisis (preguntas 1, 2, 3 y 4) y la búsqueda por identificar las consecuencias de cada falla funcional para determinar la categoría de efecto de la falla (categorías 5, 6, 7, 8 o 9).

Figura 1: Lógica MSG-3 Nivel 1.



Fuente: Brasil (2006).

2.3 MSG-3 – Criterio para elegir tarea de mantenimiento

En el segundo nivel, se buscan las causas de la falla de cada MSI e, inmediatamente, se evalúa la viabilidad de una tarea de mantenimiento preventivo capaz de garantizar la confiabilidad inherente de la aeronave. Para eso, deben analizarse las siguientes preguntas para las categorías de falla 5 a 9:

a) ¿una tarea de lubricado o servicio es aplicable y efectiva?

b) ¿una verificación operativa o visual es aplicable y efectivo? (categorías de falla funcional oculta, 8 y 9)

c) ¿una inspección o verificación funcional para detectar la degradación de la función es aplicable y efectiva?

d) ¿una tarea de restauración para reducir la tasa de falla es aplicable y efectiva?

e) ¿una tarea de descarte para evitar fallas o reducir la tasa de falla es aplicable y efectiva?

f) ¿hay alguna otra tarea o combinación de tareas aplicables y efectivas? (categorías de seguridad, 5 y 8)

El Cuadro 1, modificado de la MCA 400-15, contiene la columna “Ejemplo”, en la cual se listan algunas tareas típicas de mantenimiento.

Cuadro 1: Criterio de selección de tareas.

TAREA	CRITERIO DE APLICACIÓN	EJEMPLO	EFFECTIVIDAD SEGURIDAD	EFFECTIVIDAD OPERACIONAL	EFFECTIVIDAD ECONÓMICA
LUBRICADO O SERVICIO	La reposición de ítemes de consumo debe reducir la tasa de degradación funcional.	Lubricar bisagras y verificar presión de neumáticos.	La tarea debe reducir el riesgo de falla.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla).
VERIFICACIÓN OPERATIVA O VISUAL	Debe ser posible identificar la falla.	Verificar nivel de aceite.	La tarea debe garantizar la disponibilidad adecuada de la función oculta a fin de reducir el riesgo de fallas múltiples.	No aplica.	La tarea debe asegurar la disponibilidad adecuada de la función oculta a fin de evitar hechos económicos de fallas múltiples y ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla).
INSPECCIÓN O VERIFICACIÓN FUNCIONAL	Debe ser detectable la reducción de la resistencia a la falla. Debe existir un intervalo razonable entre la condición de degradación y la falla funcional.	Inspección visual del motor, rayo-x, falla ecografía.	La tarea debe reducir el riesgo de falla para garantizar una operación segura.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla).
RESTAURACIÓN	El MSI debe presentar características de degradación funcional en una edad operativa identificable y la mayor parte de las unidades debe sobrevivir hasta esa edad especificada. Debe ser posible restaurar el MSI hasta un estándar aceptable de resistencia a la falla.	Limpieza de filtro, revisión general de motor.	La tarea debe reducir el riesgo de falla para garantizar una operación segura.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla).
DESCARTE	El MSI debe presentar características de degradación funcional en una edad operativa identificable y la mayor parte de las unidades debe sobrevivir hasta esa edad especificada.	Cambio de filtros, ítemes con límite de vida.	El descarte en la edad límite debe reducir el riesgo de falla y garantizar una operación segura.	La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable.	La tarea de descarte en edad límite del MSI debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla).

Fuente: Adaptado de Brasil (2006).

Al aplicar la lógica, si no se alcanza una acción de mantenimiento adecuada, es obligatorio proyectar nuevamente el sistema en cuestión, pues la seguridad es esencial.

2.4 MSG-3 – Intervalo de las tareas

Definidas las tareas de mantenimiento capaces de evitar la falla indeseable, se llega a otra dimensión de cualquier plan de mantenimiento: la definición de la periodicidad de cada tarea. Se debe seleccionar la frecuencia de mantenimiento más adecuada, con base en las informaciones disponibles de operación del sistema. Los intervalos de mantenimiento pueden ser definidos, por ejemplo, en unidades de tiempo o en días, horas de vuelo, ciclos de vuelo y aterrizajes.

La ACTA MSG-3 y la NAVAIR 00-25-403 identifican los aspectos a ser considerados para las siguientes tareas de mantenimiento:

a) lubricado o servicio – foco en la prevención de la falla:

- El intervalo basado en el uso del ítem y en sus características de deterioro; y
- condiciones climáticas y ambiente operativo deben ser considerados para definición de las características de deterioro.

b) verificación operacional o visual – foco en la identificación de la falla:

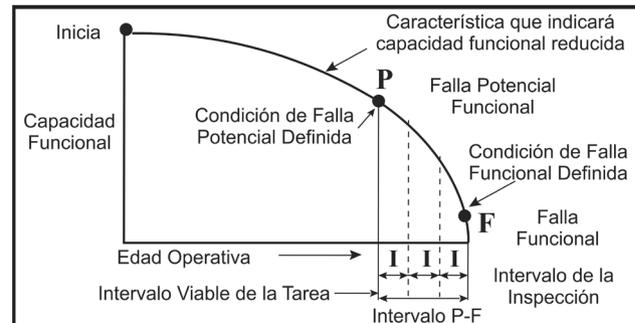
- tiempo de exposición a una falla oculta y las potenciales consecuencias si la función oculta no estuviera disponible;
- los intervalos deben reducir la probabilidad de múltiples fallas a un nivel tolerable; y
- probabilidad de que la propia tarea lleve la función oculta a la falla.

c) inspección o verificación funcional – foco en la identificación de falla potencial:

- debe existir una condición clara de falla potencial;
- esa condición debe ser detectable e indicar que está en curso un proceso de falla. Cuando la inspección revele tal condición (tarea “*on condition*”), deben realizarse acciones correctivas. Tarea *on condition* ocurre solamente cuando es necesario, dejando operar el equipamiento hasta que se detecte una falla potencial, maximizando su vida útil y minimizando los costos de reparación; y
- la Figura 2 de la Curva P-F, ilustra que, en el momento en que se identifica la razón de degradación funcional, se establece

un intervalo I de forma que haya amplia oportunidad para que esa condición sea detectada antes de la falla funcional del equipamiento. Para eso, disponer de una condición definida de falla potencial (punto P) y de estimado de tiempo, hasta que se alcance la falla funcional (punto F).

Figura 2: Curva P-F.

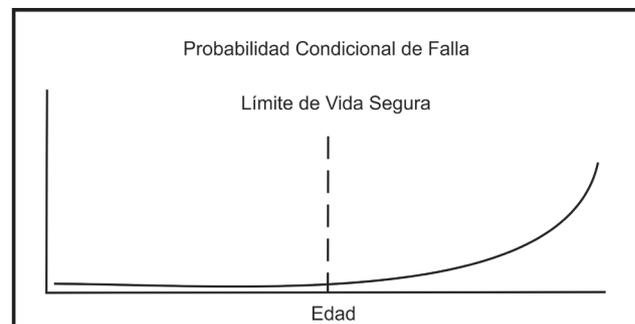


Fuente: Adaptado de United States of America (2003, p. III-14, traducción nuestra).

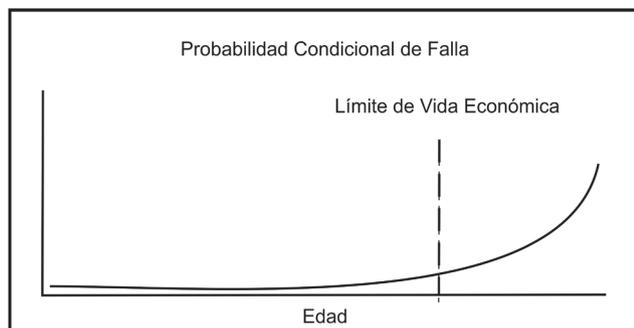
d) reparación o descarte – foco en evitar la falla:

- los intervalos deben basarse en el concepto de existir un límite de vida para el componente, siendo necesaria la revisión general o sustitución para que sea recuperada la confiabilidad inherente del sistema;
- dos términos son usados para diferenciar el ítem, cuyo límite de vida afecta la seguridad del que acarreta apenas impacto económico: límite de vida segura y límite de vida económica, respectivamente;
- el límite de vida segura debe garantizar que no ocurran fallas (Figura 3), pues las consecuencias de falla afectan la seguridad; y
- el límite de vida económica acarreta solo impactos económicos, pudiendo ser flexible e incluir riesgo para una eventual falla (Figura 4).

Figura 3: Límite de Vida Segura.



Fuente: United States of America (2003, p. III-18, traducción nuestra).

Figura 4: Límite de Vida Económica.

Fuente: United States of America (2003, p. III-18, traducción nuestra).

El desafío de establecer el intervalo apropiado permanecerá a lo largo de toda la vida operativa de la aeronave, pudiendo evolucionar a lo largo de ese tiempo. De ahí la necesidad imprescindible de un registro preciso y completo del historial funcional de los diversos equipamientos, visto que tales informaciones, a ser debidamente analizadas, serán soporte de las futuras revisiones del plan de mantenimiento.

2.5 SILOMS

El 21 de enero de 1993, fue creado el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS) con el objetivo de unificar los procesos logísticos del COMAER por medio de una base de datos integrada. Para eso, se ofrecería una herramienta única para gestión de las actividades que estandarizase métodos y procesos.

El SILOMS es un Sistema *on line* del tipo ERP (*Enterprise Resources Planning*), que engloba funcionalidades de MRP II (*Management Resources Planning*) con base de datos centralizada, destinada a apoyar la administración de actividades de logística del COMAER, integrando la cadena de suministros, así como toda la Catalogación de Material por el Sistema OTAN. Además, está integrado al Sistema Militar de Catalogación – SISMICAT (SILOMS, 2013).

Para alcanzar su objetivo, el SILOMS está dividido en módulos y submódulos, siendo los principales Administración, Adquisición, Suministro, Combustibles y Lubricantes, Catalogación, Mantenimiento, Transporte, Recursos Humanos, Apoyo a la Decisión y Material Bélico (BRASIL, 2007). Específicamente, en el módulo Mantenimiento se realizan las siguientes actividades: planificación de los recursos necesarios para mantenimiento; planificación y programación de los servicios; control y análisis de los defectos; y obtención de indicadores logísticos.

Para eso, se divide en los siguientes submódulos: Producción, Control, Planificación, Ingeniería y Publicación.

Actualmente, el SILOMS es utilizado efectiva y aproximadamente por 333 (trescientos treinta y tres)

unidades en todos los estados del país, llegando a poseer un total de más de 15.000 (quince mil) usuarios registrados (SILOMS, 2013).

3 METODOLOGÍA

Este trabajo consistió en una búsqueda documental basada en análisis de documentos oficiales y técnicos. La metodología adoptada se apoyó en los siguientes puntos:

a) relevar el conjunto de datos necesarios para la elaboración de un plan de mantenimiento de acuerdo con la metodología MSG-3. Para eso, fue necesario revisar la literatura para obtener una lista de datos de mantenimiento y operación que deberían ser ofrecidos para el análisis establecido por la metodología MSG-3;

b) basado en el plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, tomar como muestra la tarea de mantenimiento relativa a la bomba hidráulica para fines ilustrativos del producto final de la metodología MSG-3 y para ayudar a la investigación sobre los datos de mantenimiento actualmente ofrecidos por el SILOMS. No son consideradas las fuentes alternativas (o no oficiales) que puedan cumplir con el análisis MSG-3;

c) en posesión de una breve presentación del ítem, verificar la capacidad del SILOMS en proveer las informaciones necesarias para que el PAMASP pueda realizar una revisión de la tarea de mantenimiento a la luz del MSG-3;

d) el trabajo junto al SILOMS constó de entrevistas a los programadores y de acceso al propio sistema en su versión corriente; y

e) en el transcurso de esas oportunidades, fue verificado, de forma positiva, si el SILOMS proporcionaba la información al cuestionar el informe y/o el módulo/submódulo que ofrecería el dato requerido.

4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Nowlan y Heap (1978) afirman que un plan de mantenimiento programado debe ser dinámico y el usuario de la aeronave debe disponer de un sistema de recolección y análisis de datos operativos de los equipamientos. Esa información es necesaria para determinar las mejoras y modificaciones necesarias, tanto del plan original del fabricante, como del producto en sí. Los autores también expusieron las informaciones necesarias para el análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), según el Cuadro 2.

Cuadro 2: Datos requeridos para análisis.

1. Identificación del Ítem	<ul style="list-style-type: none"> a. Tipo de Aeronave b. Designación del Sistema c. Nombre d. PN del Fabricante e. Cantidad por Aeronave (QPA)
2. Información del Ítem	<ul style="list-style-type: none"> a. Descripción (función y principales componentes) b. Redundancias y características de protección (incluyendo instrumentación) c. Equipamiento de autotest (BIT – <i>Built-in Test</i>)
3. Datos de Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> a. Tasa de remoción prematura b. Tasa de falla
4. Restricciones Operativas	<ul style="list-style-type: none"> a. ¿La aeronave puede ser despachada con el ítem en falla? b. En caso positivo, ¿hay condiciones limitantes?
5. Datos para RCM / MSG-3	<ul style="list-style-type: none"> a. Función del ítem b. Fallas funcionales para cada función c. Modos de falla d. Efecto de la falla para cada modo de falla e. Evidencias de falla funcional f. Efectos de la pérdida de función en la capacidad operacional g. Efectos de la falla más allá de la pérdida de función (daños secundarios) h. Evidencia de reducción en la resistencia a la falla que puede ser usada para definir condiciones de falla potencial i. Experiencia con otros equipamientos donde el mismo ítem o similar es utilizado.

Fuente: Nowlan e Heap (1978).

Aunque su obra no sea dedicada a MSG-3 y RCM, Blanchard (1992) presenta una lista de datos que deben ser tratados por un sistema de gestión de mantenimiento. Tal sistema debe disponer de formularios de recolección

de datos completos y ser de simple entendimiento. El Cuadro 3, adaptado de la obra de Blanchard (1992), trae informaciones que deben ser comunes a sistemas de informaciones de ese tipo.

Cuadro 3: Datos de mantenimiento de un sistema.

1. Factores de Sistema	<ul style="list-style-type: none"> a. PN del equipamiento y fabricante b. Número de Serie c. Tiempo de operación del sistema cuando el evento ocurrió d. Segmento de la misión cuando el evento ocurrió e. Descripción del evento (síntoma de la falla para acciones no programadas)
2. Factores de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> a. Requisitos de mantenimiento (reparación, calibrado, servicios, etc.) b. Descripción de la tarea de mantenimiento c. Tiempo de parada por mantenimiento d. Tiempo de mantenimiento efectivo e. Atrasos en el mantenimiento (espera por pieza, atraso por equipamiento de teste, paralizaciones, espera por mano de obra, etc.)
3. Factores Logísticos	<ul style="list-style-type: none"> a. Tiempos de inicio y término para el trabajo de cada técnico b. Manuales utilizados c. Equipamientos de teste utilizados d. Descripción de las instalaciones utilizadas e. Identificación del material sustituido

Fuente: Adaptado de Blanchard (1992, p. 329, traducción nuestra).

Complementando, tenemos que la MCA 400-15 establece, para una adecuada aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, la necesidad de que, al analizar datos de mantenimiento, sea cumplida la etapa de recolección y organización. Para eso, se presenta una planilla estándar, según Figura 5, para registrar informaciones.

Figura 5: Planilla estándar.

Parte I: Informaciones sobre el MSI									
MSI									
PN									
Manufacturer									
TBO									
TO									
Parte II: Datos de Falla									
SN	TSN	TSO	TSNA	TSOA	Remoción	Causa de Falla	OBS	HH Reparación	

Fuente: Brasil (2006).

Donde:

- a) MSI: nombre del ítem;
- b) PN (*Part Number*): código del MSI, atribuido por el fabricante;
- c) fabricante: nombre/código (MFG) del fabricante;
- d) TBO (*Time Between Overhauls*): intervalo entre revisiones generales;
- e) TO (*Technical Order*): orden técnica de revisión y operación del MSI;
- f) SN (*Serial Number*): número de serie del ítem;
- g) TSN (*Time Since New*): horas de operación acumuladas, desde nuevo, en el formato horas: minutos, conforme registro en la ficha historial del MSI;
- h) TSO (*Time Since Overhaul*): horas de operación acumuladas, desde la última revisión general, en el formato horas: minutos, conforme registro en la ficha historial del MSI;
- i) TSNA (TSN Ajustado): horas de operación acumuladas, desde nuevo, en formato decimal;
- j) TSOA (TSO Ajustado): horas de operación acumuladas, desde la última revisión general, en formato decimal;
- k) remoción: causa de la remoción. En este, se debe utilizar una de las siguientes categorías: Falla, TBO o Prueba Funcional;
- l) causa de la falla: descripción de la causa de la falla, determinada en la intervención de mantenimiento en el MSI;
- m) categoría del servicio ejecutado. En el llenado de la categoría del servicio ejecutado, se debe utilizar una de las siguientes opciones: Inspección y Teste, Reparación y Teste o Revisión General; y
- n) HH Reparación: número de hombres-hora utilizados en la acción de mantenimiento.

Conforme señalado en 3.b, la tarea de mantenimiento que sirvió como ejemplo en este trabajo se refiere a la Bomba Hidráulica modelos MPEV3-011-8UK2B y MPEV3-011-8UK2C, fabricados por Eaton Aerospace para aeronave CASA-295 (C-105 Amazonas). Se trata de una bomba con motor eléctrico para suministro de una presión de 3.000 psi al sistema hidráulico de la aeronave.

Como ejercicio de la lógica presentada en el ítem 2.2, se puede, de forma simplificada y para solo un modo de falla, definir para ese MSI seleccionado lo siguiente:

a) función: proveer flujo hidráulico continuo a una presión de 3.000 psi para la correcta operación de los sistemas de la aeronave que son accionados hidráulicamente;

b) falla funcional: no proveer el flujo hidráulico continuo a 3.000 psi;

c) efecto de la falla: recalentamiento de la bomba; y

d) causa de la falla: rodamientos defectuosos.

De ese punto en adelante, para una de las posibles causas de falla, se aplica lo descrito en 2.3 para que sea verificada la necesidad de una tarea de mantenimiento de ese ítem. Evolucionando en el análisis descrito en el ítem 2.4, se define el intervalo de esa tarea. Consultando el plan de mantenimiento de la aeronave, se observa la tarjeta de mantenimiento 29.11.00.04 (Figura 6), que es el resultado de la aplicación de la metodología. La tarea es la remoción de la bomba, cada 2.000 horas de vuelo, para una inspección visual de limpieza, desgaste y condición detallada del enfriador, rodamientos y cepillos.

Figura 6: Tarjeta de Mantenimiento 29.11.00.04.

CASA C295M							MAINTENANCE REVIEW BOARD DOCUMENT		
Systems & Powerplant Program							MSI / TASK DESCRIPTION		
Task Number	Type	Cat	Interval	Effect	AMM Ref.				
							ATA 29: HYDRAULIC POWER		
							MSI 29.11.00.: MAIN HYDRAULIC POWER		
29.11.00.01	SV	9	S	ALL	12-12-29 29-11-00	Check hydraulic fluid level on Hydraulic Reservoir.			
29.11.00.02	IN	6	S	ALL	29-11-00	General visual inspection of Differential Pressure Indicators of Return, Pressure and Case Drain Filters on Modular Unit for correct indication.			
29.11.00.03	OP	9	C	ALL	29-11-00	Operational check of Manual Control Mode.			
29.11.00.04	IN	6	2000FH	ALL	29-11-51	Remove Hydraulic Electrical Motor Driven Pump for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes for cleanliness, wear and condition.			

Fuente: EADS CASA (2010, destacado nuestro).

Los Cuadros 2 y 3 y la Figura 5 fueron enviadas al SILOMS con el cuestionamiento sobre la publicación por ese sistema de las informaciones listadas en cada una de las tablas.

En un análisis inmediato, calculada solamente la cuota de cada tabla que el SILOMS satisface, el cociente entre la cantidad de informaciones suministradas y el total solicitado, se tienen los siguientes resultados, según Tabla 1.

Tabla 1: Porcentaje de tratamiento del SILOMS.

Fuente	Ctd. de Informaciones	Ctd. de datos proporcionados por el SILOMS	Ctd. de datos no suministrados por el SILOMS	Cumplimiento %
Cuadro 2 Nowlan e Heap	21	8	13	38,1
Cuadro 3 Blanchard	15	11	4	73,3
Figura 5 MCA 400-15	14	9	5	64,3
TOTAL	50	28	22	56,0

Fuente: El autor.

Se percibe el menor grado de cumplimiento en el cuadro de Nowlan y Heap (Cuadro 2), que fue construida específicamente para la metodología MSG-3. El cuadro de Blanchard (Cuadro 3), por estar en un contexto más genérico de los datos de mantenimiento a ser recolectados, presenta el mayor grado. En posición intermedia, se encuentra el grado referente a la figura del MCA 400-15 (Figura 5). Ese análisis cuantitativo, sin embargo, proporciona una evaluación incompleta sobre el grado de cumplimiento del SILOMS de la metodología MSG-3.

Las tres relaciones fueron desarrolladas en contextos y para aplicaciones distintas, pero es posible identificar dos segmentos en cada una de las tres listas: catastral y dinámico. El primero trata de los datos con características de identificación del ítem (PN, Nombre, QPA), mientras el segundo se refiere a las características cuyos valores evolucionan o se alteran a lo largo del ciclo de vida (tasa de falla, reparaciones, modos de falla).

Específicamente el segmento dinámico es lo que más requiere capacidad e integridad del sistema de información, pues en él están contenidos los datos que deben ser registrados continuamente, según la utilización de la aeronave. Son registros que se alteran en cada cambio de estado del equipamiento, o en choque o en mantenimiento. Deben también ser registrados todos los resultados de diagnósticos y acciones correctivas, visto que son datos imprescindibles para el seguimiento de los modos de falla. Vale resaltar que ese proceso ocurrirá a lo largo de todo el ciclo de vida de la aeronave.

En el Cuadro 4 se sintetiza solo las informaciones que, por no constar actualmente de la estructura de informes del SILOMS, no han sido procesadas de forma estructurada.

Cuadro 4: Datos indisponibles en el SILOMS.

Fuente	Datos no disponibles en el SILOMS
Cuadro 2 Nowlan y Heap	2.b. Redundancias y características de protección (incluyendo instrumentación).
	2.c. Equipamiento de autotest (BIT – <i>Built-in Test</i>).
	4.a. ¿La Aeronave puede ser despachada con el ítem fallado?
	4.b. En caso positivo, ¿hay condiciones limitantes?
	5.a. Función del ítem.
	5.b. Fallas funcionales para cada función.
	5.c. Modos de falla.
	5.d. Efecto de la falla para cada modo de falla.
	5.e. Evidencias de falla funcional.
Cuadro 3 Blanchard	5.f. Efectos de la pérdida de función en la capacidad operacional.
	5.g. Efectos de la falla más allá de la pérdida de función (daños secundarios).
	5.h. Evidencia de reducción en la resistencia a la falla que puede ser usada para definir condiciones de falla potencial.
	5.i. Experience with other equipment where the same item or similar is used.
	2.e. Atrasos en el mantenimiento (espera por pieza, atraso por equipamiento de teste, paralizaciones, espera por mano de obra, etc.).
	3.b. Manuales utilizados.
	3.c. Equipamientos de teste utilizados.
	3.d. Descripción de las instalaciones utilizadas.
	i. TSNA (TSN Ajustado): horas de operación acumuladas desde nuevo en formato decimal.
Figura 5 MCA 400-15	j. TSOA (TSO Ajustado): horas de operación acumuladas desde la última revisión general en formato decimal.
	k. Remoción: Causa de la Remoción. En este ítem se debe utilizar una de las siguientes categorías: Falla, TBO o Teste Funcional.
	l. Causa de la Falla: descripción de la causa de la falla, determinada en la intervención de mantenimiento en el MSI.
	m. Categoría del Servicio Ejecutado. En el llenado de la categoría del servicio ejecutado, se debe utilizar una de las siguientes opciones: Inspección y Teste, Reparación y Teste o Revisión General.

Fuente: El autor.

El análisis del Cuadro 4 complementa lo observado en la Tabla 1 en la medida en que la concentración de las informaciones que no son

proporcionadas por el SILOMS es del segmento dinámico. Los datos no disponibles son los que deben ser utilizados para un seguimiento efectivo de la operación de cada MSI y los que posibilitan acceder a la confiabilidad operacional, volviéndose así, misteres a la lógica de la metodología MSG-3. A menos de controles paralelos al SILOMS, en ese escenario, la indagación más recurrente sobre el intervalo adecuado de mantenimiento preventivo no podrá ser respondida adecuadamente.

5 CONCLUSIÓN

En el presente artículo, se buscó evaluar de que forma el conjunto de informaciones logísticas, ofrecidas por el SILOMS, cumple con la metodología MSG-3, que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas. Se demostró que, eventualmente, las evidencias operativas pueden llevar el COMAER a tener que revisar ese plan de mantenimiento, donde tal revisión debe seguir los mismos pasos del proceso inicial, complementado por los datos reales de operación que son influenciados por el ambiente operativo y perfil de las misiones ejecutadas. La acción de revisión, al buscar la reducción de los costos de mantenimiento, se encuentra totalmente soportada por los objetivos establecidos por END y PEMAER.

La revisión de la literatura presentó los conceptos y la lógica del MSG-3 que llevaron esa metodología a ser ampliamente utilizada en el desarrollo de nuevas aeronaves. En seguida, al discursar sobre el historial del SILOMS y de su papel en la estructura de soporte logístico del

COMAER, se constató que ese sistema es la fuente de datos de mantenimiento y operación para todo y cualquier análisis logístico.

La metodología adoptada favoreció el levante de los datos requeridos por el MSG-3, consolidando esos datos en una lista de informaciones necesarias. En posesión de esa lista, se realizaron interacciones con la administración del SILOMS para identificar, de forma positiva, el grado de cumplimiento por parte de ese sistema.

En el análisis de los datos, se constató que, hoy, el SILOMS atiende, parcialmente, las necesidades de datos para utilización del MSG-3 y que la parte no atendida corresponde a los datos que describen efectivamente el comportamiento operacional de cada MSI, impidiendo la aplicación de la metodología MSG-3 en su plenitud. Una consecuencia inmediata es la imposibilidad de una revisión técnicamente responsable de los intervalos de mantenimiento periódico según el MSG-3. Siendo así, incluso con datos operativos de aeronaves volando en el singular ambiente amazónico desde 2006, la flota de C-105 sigue y seguirá el plan de mantenimiento original desarrollado por el fabricante europeo.

Finalmente, se sugiere un estudio que compatibilice las informaciones requeridas en el MCA 400-15 “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” y las señaladas por el trabajo de Nowlan y Heap con el SILOMS. Mientras tales informaciones no estuvieran debidamente ofrecidas, cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas no estará debidamente soportada por la metodología MSG-3.

REFERENCIAS

AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development**. Washington, DC: Air Transport Association of America, 2003.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 4 ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. MCA 400-15: Portaria COMGAP nº240/3EM, de 13 de novembro de 2007. Aprova a reedição do plano específico de desenvolvimento e manutenção do SILOMS para o período de 2008 a 2011. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 218, f. 7075, 19 nov. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material da Aeronáutica. MCA 400-15: Portaria DIRMAB nº10, de 10 de março de 2006. Aprova a edição do manual que trata da Manutenção Centrada na Confiabilidade. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, f. 2405, 20 abr. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **PEMAER: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010 – 2031**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

EADS CASA. **Maintenance review board document. Rev. 9**. Madrid: [s.n.], 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance**: report number AD-A066579. Springfield: United States Department of Commerce, 1978.

SILOMS. Disponível em: <<http://www.siloms.intraer>>. Acesso em: 23 maio 2013.

SPITLER, W. W. **A study of reliability centered aircraft maintenance and opportunities for application by the United States Coast Guard**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **NAVAIR 00-25-403**: guidelines for the naval aviation Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process. Washington, DC, 2003.

O impacto da taxonomia do relatório de prevenção nas atividades de segurança de voo

The prevention report taxonomy impact in flight safety activities

El impacto de la taxonomía del informe de prevención en las actividades de seguridad de vuelo

Ten Cel Av Fernando Luís Volkmer
Estado-Maior da Aeronáutica - 1ª Subchefia - EMAER
Brasília/DF - Brasil
flvolkmer@gmail.com

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo analisar a percepção dos Oficiais de Segurança de Voo (OSV) sobre o uso da taxonomia dos Relatórios de Prevenção (RELPREV) nas atividades de Segurança de Voo nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do Comando-Geral de Operações Aéreas, no período de janeiro a maio de 2013. Para realizar a pesquisa, apresentaram-se os conceitos e as características da taxonomia do RELPREV e do *Aviation Safety Reporting System*. Em seguida, abordou-se a obra de Fleishman e Quaintance e seus critérios de avaliação de taxonomia. A metodologia empregada incluiu pesquisa documental, comparação qualitativa entre taxonomias e elaboração de um questionário, baseado no critério utilidade, endereçado aos Oficiais de Segurança de Voo das Unidades Aéreas e Bases Aéreas. Os resultados obtidos indicaram, de acordo com o critério de utilidade de Fleishman e Quaintance, que a taxonomia de RELPREV melhorou o fluxo de informações, criou uma fonte de informações significativas e contribuiu para a identificação de perigos e desenvolvimento de ações de prevenção. Concluiu-se que foi positiva a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo desenvolvidas pelos Elos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tem como órgão central o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Entretanto, sugere-se que seja providenciado um treinamento específico para seu uso e um gerenciamento adequado do tempo para não prejudicar outras atividades de prevenção.

Palavras-chave: CENIPA. Segurança de voo. Relatório de prevenção. Taxonomia.

Recebido / Received / Recibido
26/02/14

Aceito / Accepted / Aceptado
18/03/14

ABSTRACT

The research objective was analyzing the Flight Safety Officers (FSO) perception on the use of Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities in Air Corps and Air Bases of Air Operations General Command, from January to May, 2013. In order to carry out the research, the Prevention Reports (RELPREV) and the Aviation Safety Reporting System taxonomy concepts and characteristics were presented. Then, Fleishman and Quaintance work and its taxonomy assessment criteria were approached. The methodology employed included documental research, qualitative comparison of taxonomies and preparation of a questionnaire based on usefulness criterion, addressed to Flight Safety Officers from Air Corps and Air Bases. The results obtained have appointed, according to Fleishman and Quaintance usefulness criterion, that the Prevention Reports taxonomy has improved the flow of information, has created a source of significant information and has contributed to identify dangers and develop prevention actions. It was concluded that the FSO perception on Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities developed by the Links of the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention System (SIPAER), which has, as central body, the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA), was positive. However, it is suggested that a specific training should be provided in the adequate use and management of time in order not to prejudice other prevention activities.

Keywords: CENIPA. Flight safety. Prevention report. Taxonomy.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar la percepción de los Oficiales de Seguridad de Vuelo (OSV) sobre el uso de la taxonomía de los Informes de Prevención (RELPREV) en las actividades de Seguridad de Vuelo en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del Comando-General de Operaciones Aéreas, en el período de enero a mayo de 2013. Para realizar la investigación, se presentaron los conceptos y las características de la taxonomía del RELPREV y del Aviation Safety Reporting System. En seguida, se abordó la obra de Fleishman y Quaintance y sus criterios de evaluación de taxonomía. La metodología empleada incluyó investigación documental, comparación cualitativa entre taxonomías y elaboración de un cuestionario, basado en el criterio utilidad, dirigido a los Oficiales de Seguridad de Vuelo de las Unidades Aéreas y Bases Aéreas. Los resultados obtenidos indicaron, en consonancia con el criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance, que la taxonomía de RELPREV mejoró el flujo de informaciones, creó una fuente de informaciones significativas y contribuyó para la identificación de peligros y desarrollo de acciones de prevención. Se concluyó que fue positiva la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo desarrolladas por los Elos del Sistema de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tiene como órgano central el Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA). Sin embargo, se sugiere un entrenamiento específico para su uso y una administración adecuada del tiempo para no perjudicar otras actividades de prevención.

Palabras-clave: CENIPA. Seguridad de vuelo. Informe de prevención. Taxonomía.

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 1974, o voo TWA 514 estava se aproximando do Aeroporto de Dulles, em Washington, quando colidiu contra o solo a 25 milhas do aeródromo. Todos os 92 ocupantes do Boeing 727 faleceram no acidente. Seis semanas antes, um voo da United Airlines passou pela mesma situação, mas a tripulação corrigiu o erro a tempo de evitar o acidente. Infelizmente, essa informação não foi divulgada para as demais empresas aéreas, resultando em um desastre aéreo (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

O início da aviação mundial foi marcado por tragédias desse tipo, com uma grande frequência de acidentes aeronáuticos. Neste período, as atividades de Segurança de Voo se concentravam unicamente na investigação dos fatores técnicos envolvidos. Posteriormente, focaram-se problemas relacionados às áreas humanas e organizacionais que podem contribuir para os acidentes. Essas iniciativas resultaram em avanços que transformaram a aviação em um meio de transporte extremamente seguro (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

Muitos desses avanços da aviação foram incentivados pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO,

na sigla em inglês), a organização responsável pelo desenvolvimento da aviação civil internacional. Nos últimos anos, a ICAO começou a fomentar a implantação de *Safety Management Systems* (SMS) como forma de melhorar ainda mais a segurança da aviação (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), seguindo as orientações emanadas pela ICAO, incorporaram vários conceitos de SMS a partir de 2008, para aumentar a Segurança de Voo (BRASIL, 2008).

Em 2012, o CENIPA aprovou uma revisão do Relatório de Prevenção (RELPREV), introduzindo uma taxonomia para classificação das situações de perigo reportadas. Essa taxonomia foi concebida para ser usada como base de um banco de dados de RELPREV para a Força Aérea Brasileira (FAB), permitindo o desenvolvimento de indicadores estatísticos e tornando as ações de prevenção mais precisas (BRASIL, 2013b).

Entretanto, a implantação da taxonomia causou mudanças nas atividades dos Oficiais de Segurança de

Voo (OSV), introduzindo novos procedimentos no processo de RELPREV. Em virtude dessas alterações, surgiu a inquietação no sentido de avaliar as consequências de tais medidas para a prevenção de acidentes na FAB.

Assim, esta pesquisa científica objetivou analisar a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do Comando-Geral de Operações Aéreas, no período de janeiro a maio de 2013.

A pesquisa em questão busca trazer contribuição para o âmbito do Comando da Aeronáutica (COMAER) e, em especial, para o CENIPA, por estudar uma das modificações mais significativas do RELPREV ocorrida nos últimos anos. Essa ferramenta é utilizada em todas as organizações que possuem aeronaves na FAB e tem grande potencial para melhorar as ações de prevenção, reduzindo a perda de aeronaves e salvando vidas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este item apresenta uma revisão da literatura, abordando as normas, os autores e as teorias que estão relacionados com o tema proposto e que direcionam este estudo. Posteriormente, compara-se o sistema utilizado pela agência aeroespacial americana de classificação de perigos para a aviação e o adotado para classificação do RELPREV, finalizando com a abordagem de Fleishman e Quaintance (1984) para as taxonomias, com ênfase no critério de utilidade.

2.1 Os conceitos do SMS e as normas do CENIPA

De acordo com Wood (2003), o SMS surgiu nos anos de 1950 com o desenvolvimento de sistemas de segurança para os programas espaciais e de mísseis americanos. Gradualmente, tais sistemas foram evoluindo, transformando-se nos atuais sistemas de gerenciamento de Segurança de Voo, chamados de SMS. Trata-se de um processo sistemático e abrangente para o gerenciamento dos riscos inerentes às atividades da aviação. O SMS possui um caráter dinâmico, requerendo um processo contínuo de identificação de perigos e gerenciamento dos riscos (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

A ICAO tem incentivado todos os Estados Membros da Convenção de Chicago a implantarem o SMS (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). No Brasil, o CENIPA considerou que muitos conceitos do SMS têm grande potencial para modernizar e melhorar as ferramentas de Segurança de Voo da Força Aérea Brasileira. Em 2008, vários desses conceitos foram incorporados às normas do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) (BRASIL, 2013a).

O SIPAER realiza as atividades de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos no Brasil. O órgão

central deste sistema é o CENIPA e os elementos executivos são conhecidos como Elos SIPAER, a quem compete executar as atividades que lhes forem cometidas, segundo as normas elaboradas pelo CENIPA (BRASIL, 1982).

2.2 Conceitos do RELPREV e sua taxonomia

De acordo com o Manual de Prevenção do SIPAER (MCA 3-3), o propósito do RELPREV é de “fornecer informações para que os Elos SIPAER possam adotar ações mitigadoras adequadas frente a uma situação potencial de risco[...]” (BRASIL, 2013b, p. 36). Assim, o RELPREV é um canal de comunicação onde qualquer pessoa pode comunicar uma situação de risco para a aviação, multiplicando a capacidade de observação do Comandante e do Oficial de Segurança de Voo.

Outro aspecto significativo do RELPREV está relacionado com a quantidade de informações geradas. Os acidentes e incidentes na aviação são eventos relativamente raros. A investigação dessas ocorrências, apesar de trazer ensinamentos importantes, são insuficientes para o desenvolvimento de ações de prevenção oportunas (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). Por outro lado, relatórios de prevenção são preenchidos diariamente nas Unidades Aéreas, resultando em uma grande fonte de informação para a melhoria da Segurança de Voo.

A questão central do SMS, conforme destacado por Stolzer, Halford e Goglia (2008), é o gerenciamento do risco. Este também é o objetivo do RELPREV, tornando possível utilizar muitos conceitos do SMS. Em 2008, o CENIPA começou a introduzir conceitos de SMS nas normas do SIPAER. No processo do RELPREV foi inserida a avaliação do risco, baseada em uma matriz de probabilidade e severidade, o que proporcionou uma melhor priorização das ações de prevenção desenvolvidas pelos OSV (BRASIL, 2013a).

Posteriormente, em 2012, novos conceitos de SMS foram inseridos no MCA 3-3. A mudança mais significativa foi a inclusão, no RELPREV, de uma etapa para a classificação dos reportes. Essa classificação é apenas uma de um total de quinze etapas previstas no processo do RELPREV (BRASIL, 2013b).

De acordo com o MCA 3-3, a classificação do RELPREV visa “categorizar a informação recebida para possibilitar uma posterior análise de tendências, permitindo a melhoria continuada da Segurança de Voo” (BRASIL, 2013b, p. 42). Assim, a categorização deve ser entendida como um passo necessário para extrair significado de uma informação reportada (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

O MCA 3-3 também estabelece que essa categorização deve ser feita seguindo uma taxonomia específica contida no Anexo B do manual (BRASIL, 2013b). Tradicionalmente, as taxonomias têm por função a classificação das espécies em botânica e zoologia. Em um sentido mais amplo, uma

taxonomia pode ser entendida como uma classificação sistemática. Porém, para efeitos deste estudo, a taxonomia do RELPREV deve ser entendida como um sistema de classificação padronizado de situações de perigo para a aviação, dentro do âmbito da FAB.

Cabe ao OSV a responsabilidade de realizar a classificação das situações de perigo, com a ressalva de que uma classificação incorreta “pode camuflar uma tendência ou apontar uma tendência errada, gerando ações de prevenção inadequadas na organização” (BRASIL, 2013b, p. 42).

2.3 As taxonomias ASRS e RELPREV

O acidente com o voo TWA 514, citado na introdução desta pesquisa, resultou em profundas mudanças para a aviação nos Estados Unidos e no mundo. Após o acidente, a *Federal Aviation Administration* (FAA), órgão responsável pela aviação civil americana, estabeleceu o *Aviation Safety Reporting System* (ASRS), um sistema nacional de reporte de situações de perigo para a aviação (WELLS; RODRIGUES, 2003).

De acordo com Stolzer, Halford e Goglia (2008), o ASRS é reconhecido na aviação mundial como um dos mais importantes programas de reporte em uso. Com uma média que ultrapassa 5000 relatos por mês, o ASRS é considerado uma das maiores fontes de informação sobre Segurança de Voo e fatores humanos (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

Além de gerar uma série de alertas para a aviação, o ASRS permite que sejam feitas pesquisas *online* em seu banco de dados. O sucesso do ASRS fez com que muitos países desenvolvessem seus próprios sistemas de reporte voluntário, incluindo o Brasil (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

Os diversos fatores que são identificados e classificados no ASRS podem ser reunidos em grupos genéricos para facilitar a sua compreensão. Os grupos utilizados no ASRS são: hora/data, local, condições ambientais, aeronave e seus componentes, pessoal, tipo de evento, consequências e avaliação do problema e dos fatores contribuintes. Os grupos acima possuem um número variável de descritores, uma espécie de subcategoria que identifica e especifica cada grupo genérico. O total de descritores do banco de dados do ASRS é de 546. Existe ainda um campo de texto descritivo para registrar um resumo sucinto da ocorrência (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2013).

Por sua vez, o RELPREV também registra uma série de fatores que possuem grande similaridade com os usados no ASRS. Os principais grupos da taxonomia do RELPREV são: Elo SIPAER (organização), hora/data, local, aeronave (inclui a fase e o plano de voo) e equipamento, pessoal (relator e envolvidos), tipo de aviação e missão, condições ambientais, tipo de situação de perigo (evento), consequências, avaliação do risco, ações mitigadoras. O total de descritores do RELPREV é de 313. Existem campos de texto descritivos

para registrar a ocorrência e o parecer do setor responsável pela análise do problema reportado (BRASIL, 2013b).

Finalmente deve-se diferenciar o público alvo de cada uma dessas ferramentas. O ASRS pode ser utilizado para registrar uma situação de perigo com qualquer aeronave em território americano. Assim, abrange aeronaves nacionais e estrangeiras de todos os tipos de aviação (WELLS; RODRIGUES, 2003). A taxonomia do RELPREV, entretanto, é uma ferramenta desenvolvida especificamente para uso da FAB (BRASIL, 2013b).

2.4 Avaliação da taxonomia segundo o critério de utilidade

O uso de taxonomias para classificar o desempenho humano é muito importante para a Segurança de Voo, pois permite medir e acompanhar a performance das pessoas ao realizar uma determinada tarefa (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). Entretanto, existem poucos estudos que apresentem uma metodologia específica para avaliar a efetividade das ferramentas de classificação relacionadas ao desempenho humano e que possam ser aplicadas na área de Segurança de Voo. Um dos trabalhos mais utilizados para este fim pertence à Fleishman e Quaintance (1984), o qual destaca três critérios principais para avaliar uma taxonomia: a validade interna, a validade externa e a utilidade.

O critério da validade interna verifica se o sistema de classificação é logicamente organizado, analisando os diversos descritores usados. O critério da validade externa verifica o grau de exatidão do sistema para alcançar os seus objetivos propostos, testando-a em várias situações (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Esses dois critérios são basicamente usados para avaliar a qualidade da taxonomia para medir o que foi proposto e se a metodologia é adequada.

O terceiro critério de Fleishman e Quaintance (1984) avalia a utilidade da ferramenta. Esse critério busca medir, na prática, como o uso de uma taxonomia afeta um determinado sistema, dimensionando a sua utilidade. Quatro aspectos são analisados: a promoção da comunicação, os recursos necessários, o número de usuários e a capacidade de solucionar problemas.

A promoção da comunicação está relacionada com a facilidade para trocar informações (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Uma taxonomia deve favorecer a troca de informações entre os usuários. No caso do RELPREV, as situações de perigo reportadas devem ser divulgadas aos demais Elos SIPAER, sempre que forem do interesse dessas organizações (BRASIL, 2009). Assim, para ter um impacto positivo, a ferramenta de classificação utilizada deve estimular a comunicação entre os elos, facilitando o envio e a busca de informações de Segurança de Voo.

Com relação aos recursos necessários, Fleishman e Quaintance (1984) propõem análise em função do treinamento necessário, do tempo despendido e dos recursos materiais que serão utilizados ao aplicar a taxonomia. Desta

forma, quanto mais simples e objetiva em sua formulação, ou seja, quanto menor o treinamento, o tempo e os recursos materiais necessários para usá-la, menor será o impacto negativo desta ferramenta nas atividades de Segurança de Voo.

O número de usuários da taxonomia é outro aspecto que deve ser considerado no critério utilidade (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Um número grande de usuários gera uma quantidade significativa de informações, as quais são inseridas no banco de dados. Quanto maior e mais completo for esse banco de dados, melhores ações de prevenção poderão ser desenvolvidas, conforme o conceito preconizado pela ICAO de ações baseadas em dados estatísticos (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

No caso do RELPREV, o CENIPA elaborou uma taxonomia única para todos os Elos SIPAER do Comando da Aeronáutica (BRASIL, 2013b). Portanto, todas as organizações da FAB que possuem aeronaves utilizam a mesma forma padronizada para classificar as situações de perigo, o que resulta em uma base de dados bastante representativa do perfil de risco aeronáutico da Força Aérea Brasileira.

Segundo Fleishman e Quaintance (1984), o último aspecto a ser analisado é em que medida a taxonomia auxilia na solução dos problemas para os quais foi desenvolvida. Como visto anteriormente, o RELPREV busca a identificação de perigos e o desenvolvimento de ações de prevenção. Assim, a ferramenta de classificação do RELPREV deve ajudar a atingir estes objetivos, oferecendo suporte para estas atividades.

A taxonomia do RELPREV apresenta listas com grupos e descritores para a classificação dos diversos fatores envolvendo uma situação de perigo (BRASIL, 2013b). Essa forma de organização pode servir de orientação ao OSV para identificar todos os fatores envolvendo uma determinada situação de perigo. Também pode auxiliar na determinação das ações de prevenção ao apresentar algumas alternativas de ações mitigadoras para o OSV analisar.

3 METODOLOGIA

O método utilizado na elaboração deste trabalho foi o dedutivo, partindo de uma visão ampla dos conceitos de SMS até uma análise específica da taxonomia do RELPREV e sua influência nas atividades de Segurança de Voo. Para tanto, foram realizadas pesquisas documentais e bibliográficas, sendo também aplicado um questionário nos Elos SIPAER das Bases Aéreas e Unidades Aéreas do Comando-Geral de Operações Aéreas (COMGAR).

No início, realizou-se uma pesquisa documental através do Documento 9859, *Safety Management Manual*, da Organização da Aviação Civil Internacional e das Normas Sistemáticas do Comando da Aeronáutica (NSCA), relativas à área de Segurança de Voo publicadas pelo CENIPA, para identificar a evolução do SMS e do SIPAER até a criação da taxonomia do RELPREV.

Posteriormente, fez-se um levantamento das atividades de Segurança de Voo relacionadas ao RELPREV e identificaram-se as mudanças ocorridas após o estabelecimento da ferramenta de classificação. Ainda nesta parte, foram discutidos alguns conceitos relacionados com sua finalidade e seus objetivos.

Com o intuito de identificar melhor as suas características, fez-se uma comparação qualitativa entre as taxonomias utilizadas pelo RELPREV na FAB e pelo *Aviation Safety Report System* (ASRS) na NASA, por ser esta reconhecida como referência para o desenvolvimento de ferramentas semelhantes em diversos países.

Finalmente, consolidou-se a fundamentação teórica por meio da obra de Fleishman e Quaintance (1984), que se constituiu como linha mestra para a avaliação da ferramenta de classificação do RELPREV. Utilizou-se essa obra por apresentar uma metodologia completa de avaliação de taxonomias, sendo referência em muitos estudos direcionados ao desempenho humano na área de Segurança de Voo.

Analisando os conceitos dessa obra, selecionou-se o critério de utilidade, com seus quatro aspectos (promoção da comunicação, número de usuários, recursos necessários e contribuição para solução de problemas) para ser utilizado neste estudo. O critério de utilidade de Fleishman e Quaintance (1984) mostrou-se mais adequado para dimensionar o impacto de um sistema classificatório por medir os seus efeitos práticos e os recursos necessários para sua utilização. Por outro lado, descartaram-se os critérios da validade interna e externa, os quais são basicamente usados para avaliar a lógica interna e o atendimento aos objetivos propostos, o que não é a finalidade deste trabalho.

Como forma de aprofundar o estudo e com o propósito de identificar a percepção dos Elos SIPAER, elaborou-se um questionário contendo dez perguntas. O questionário foi desenvolvido através da ferramenta *Google Docs* e enviado por *email* aos participantes.

O universo considerado foi de cinquenta e quatro militares, todos exercendo função de OSV nas Bases Aéreas e Unidades Aéreas do COMGAR, sendo a amostra mínima desejada de trinta e seis respondentes. Assim, pretendeu-se atingir um grau de confiança de 90% e um erro aceitável de 8% ao aplicar a fórmula de Cochran (1965).

Estruturou-se o questionário em cinco partes, conforme segue:

- a) perguntas 1 a 3 – identificaram a experiência dos OSV quanto ao uso da taxonomia e no exercício das suas funções;
- b) perguntas 4 e 5 – identificaram as percepções sobre a capacidade da taxonomia do RELPREV em promover a comunicação;
- c) pergunta 6 – investigou os benefícios de um grande número de usuários da taxonomia para a Segurança de Voo;
- d) perguntas 7 a 9 – verificaram a necessidade de recursos materiais, treinamento e tempo despendido para a utilização da taxonomia nas atividades diárias; e

e) pergunta 10 – investigou a capacidade da taxonomia para auxiliar na solução de problemas, identificando os fatores relacionados com a ocorrência e ajudando na elaboração de ações de prevenção.

As questões de 4 a 10 tinham sete alternativas como resposta. Baseadas numa escala de Likert, tinham três opções de concordância, três opções de discordância e uma de fuga. Utilizou-se este número de opções para evitar o ponto neutro, buscando uma posição mais clara dos OSV sobre a concordância ou discordância do enunciado. Atribuiu-se o valor 1 (um) para a resposta “discordo plenamente” e assim, sucessivamente, até o valor 6 (seis) para “concordo plenamente”.

Antes da aplicação do questionário, realizou-se um pré-teste com quatro militares com curso de Segurança de Voo, servindo para identificar se as perguntas seriam entendidas pelo público-alvo. Verificou-se que houve um entendimento adequado das questões formuladas, possibilitando o início da coleta de dados.

Após o recebimento das respostas dos OSV, analisaram-se as percepções dos participantes com relação ao impacto da taxonomia do RELPREV, à luz do critério de utilidade de Fleishman e Quaintance (1984).

Com relação ao tratamento estatístico, para analisar a questão 1 utilizou-se somente a frequência de respostas. Nas questões 2 e 3, calculou-se a média dos valores reportados pelos participantes. Nas questões 4 a 10, todas com uma escala de Likert de seis opções, calculou-se a mediana. As questões com mediana cinco ou acima (respostas concentradas em “concordo” e “concordo plenamente”) foram consideradas aceitas pelos participantes. Da mesma forma, foram consideradas não aceitas as questões com mediana dois ou abaixo (respostas concentradas em “discordo” e “discordo plenamente”).

Para complementar as respostas e compreender melhor a capacidade da taxonomia em solucionar problemas (questão 10), realizou-se uma análise comparativa entre as taxonomias ASRS e RELPREV. Essa análise limitou-se aos grupos genéricos e ao número de descritores de cada taxonomia, bem como uma distinção dos seus públicos alvo.

Durante a pesquisa, algumas limitações se evidenciaram. O curto período de tempo que a taxonomia foi utilizada, entre janeiro e maio de 2013, pode interferir nas percepções dos participantes. Além do tempo, o número de vezes que cada OSV aplicou a taxonomia também variou, interferindo nas opiniões sobre a sua utilidade. Finalmente, por se tratar de uma ferramenta nova e que implica em mudanças na rotina do OSV, pode haver uma reação à mudança dos usuários, impactando na percepção deles sobre a taxonomia.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para atingir o objetivo deste estudo serão apresentados e analisados os dados coletados na revisão da literatura e na aplicação do questionário. Inicialmente, será feita uma análise geral do questionário e da qualificação dos

militares que participaram da pesquisa. Posteriormente, cada aspecto do critério de utilidade de Fleishman e Quaintance (1984) será analisado separadamente, para então se proceder a uma síntese final.

4.1 Análise geral do questionário e qualificação dos participantes

A amostra obtida nesta pesquisa foi de quarenta e um participantes, representando um grau de confiança de 90% e um erro amostral de 6,5%, de acordo com a fórmula de Cochran (1965).

Na questão 1 perguntou-se sobre a formação dos militares. Entre os respondentes, 83% possuíam o curso de Oficial de Segurança de Voo, o curso mais completo do CENIPA, incluindo os módulos de prevenção e investigação de acidentes aéreos. Os restantes 17% eram elementos credenciados do SIPAER, que possuíam apenas o módulo de prevenção.

A questão 2 abordou a experiência profissional, medindo o tempo em que os militares atuaram na área de Segurança de Voo. Todos possuíam experiência na área, sendo que as respostas variaram entre um e doze anos e a média foi de 4 anos.

A última pergunta desta parte do questionário verificou quantas vezes os participantes já haviam utilizado a taxonomia do RELPREV. Apenas seis militares (14%) não utilizaram a taxonomia previamente, mas puderam estudá-la antes de responder ao questionário. A média de utilização da taxonomia entre os demais trinta e cinco participantes foi de 36 vezes, sendo que houve uma grande variação entre os participantes, com um deles tendo aplicado a taxonomia cerca de 400 vezes.

Portanto, considerando os aspectos acima, pode-se inferir que os participantes possuíam a experiência e o conhecimento em Segurança de Voo necessários para avaliar o impacto da taxonomia do RELPREV nas suas atividades.

Assim, a contribuição destes militares pode ser considerada válida e representativa para as demais organizações da FAB.

4.2 Aspecto de promoção da comunicação

Para verificar se a taxonomia do RELPREV estimula a troca de informações entre os Elos SIPAER, duas perguntas foram elaboradas. A questão 4 verificava se a taxonomia facilitava a divulgação das situações de perigo para outras organizações. A questão 5 procurava verificar o caminho inverso, ou seja, se a taxonomia facilitava a busca de informações de outras organizações.

Como visto na fundamentação teórica, estes dois conceitos se complementam e ambos são importantes para verificar o impacto positivo da taxonomia. A Tabela 1 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 1: Promoção da comunicação.

Questão	Concordo plenamente	Concordo	Concordo parcialmente	Discordo parcialmente	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
4 - Divulgação de informação	12 (29%)	20 (49%)	9 (22%)	0	0	0	0
5 - Busca de informação	14 (34%)	18 (44%)	6 (15%)	2 (5%)	1 (2%)	0	0

Fonte: O autor.

Analisando a Tabela 1 é possível verificar uma grande concentração de respostas positivas, sendo que a mediana foi cinco, correspondente à resposta “concordo”. Um total de 78% dos participantes escolheram as opções “concordo” e “concordo plenamente”, em ambas as questões. As respostas “discordo parcialmente” e “discordo” foram mínimas e apareceram apenas na questão 5.

O resultado obtido indica a aceitação destes conceitos e é compatível com a literatura, uma vez que um dos objetivos de se criar uma ferramenta de classificação é justamente proporcionar uma fonte de consulta que fomente a troca de informações (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). A aceitação por parte dos usuários de que esta ferramenta facilita o fluxo de informações entre os Elos SIPAER mostra que este aspecto do objetivo foi atingido, resultando em um impacto positivo nas atividades de Segurança de Voo.

4.3 Aspecto de quantidade de usuários

De acordo com Fleishman e Quaintance (1984), quanto maior o número de usuários, mais útil é a taxonomia. Por outro lado, a adoção de vários sistemas específicos de classificação para cada tipo de aviação teria um efeito contrário, diminuindo a sua utilidade.

O CENIPA optou por estabelecer uma ferramenta padrão para todas as organizações da FAB, buscando criar um banco de dados mais significativo, em função do grande número de informações que este sistema poderia gerar (BRASIL, 2013b). Assim, a questão 6 verificou a percepção dos participantes sobre esse conceito, afirmando que o fato de existir uma única taxonomia do RELPREV para

todas organizações da FAB resultaria em informações mais significativas e melhores ações de prevenção.

Os resultados obtidos foram claros, com 49% de concordância, 37% de concordância plena e 15% de concordância parcial. A mediana obtida foi cinco, o que corresponde à opção “concordo”, indicando a aceitação do conceito. Nenhum participante absteve-se ou respondeu negativamente. Desta forma, pode-se concluir que os OSV consideram a adoção de uma ferramenta única como a melhor opção, confirmando os conceitos apresentados na revisão da literatura.

4.4 Aspecto de recursos necessários

Com relação aos recursos necessários para utilizar a taxonomia do RELPREV, três fatores foram considerados, de acordo com a obra de Fleishman e Quaintance (1984): o tempo gasto para classificar, o treinamento necessário para utilizar a ferramenta e os recursos materiais disponíveis na organização.

Nesse caso, a utilidade da taxonomia é inversamente proporcional aos recursos necessários para utilizá-la (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Portanto, quanto menos tempo despendido para classificar um reporte, menos treinamento requerido e menos recursos materiais necessários, mais útil é a taxonomia. Para verificar a percepção dos OSV sobre o assunto, foram elaboradas três questões. Cada pergunta endereçava um dos três fatores relativos aos recursos necessários: o tempo, o treinamento e os recursos materiais. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2: Recursos necessários para utilizar a taxonomia.

Questão	Concordo plenamente	Concordo	Concordo parcialmente	Discordo parcialmente	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
7 - Pouco tempo dispendido	3 (7%)	11 (27%)	14 (34%)	5 (12%)	3 (7%)	4 (10%)	1 (2%)
8 - Não precisa treinamento	2 (5%)	10 (24%)	9 (22%)	9 (22%)	7 (17%)	4 (10%)	0
9 - Recursos materiais disponíveis na OM	10 (24%)	17 (41%)	7 (17%)	2 (5%)	4 (10%)	1 (2%)	0

Fonte: O autor.

Diferentemente das questões anteriores, as respostas dos participantes a respeito desses três fatores variaram bastante. No fator tempo, a mediana foi quatro, correspondendo à resposta “concordo parcialmente” e insuficiente para inferir a aceitação do conceito. A maior parte dos participantes concordou parcialmente (34%) ou concordou (27%) que é gasto pouco tempo para aplicar a taxonomia. Entretanto, deve-se registrar que uma parcela considerável respondeu negativamente a esta questão. Assim, em função das respostas, pode-se considerar que, em alguns casos, o tempo gasto na etapa de classificação seja um óbice para os OSV.

Em relação ao treinamento, houve uma distribuição bastante semelhante entre as respostas positivas e negativas, com uma diminuição nos extremos da escala (concordo plenamente e discordo plenamente). Novamente a mediana foi quatro (concordo parcialmente), evidenciando que o treinamento é considerado desejável por muitos participantes.

Na revisão documental deste trabalho não foi encontrada evidência da elaboração de um treinamento, por parte do CENIPA, destinado aos Elos SIPAER, para o uso da taxonomia.

Finalmente, em termos de recursos materiais, pode-se inferir que, na maioria dos casos, esses recursos estão disponíveis nas organizações, uma vez que a mediana foi cinco (concordo). As respostas mais frequentes foram “concordo” (41%) e “concordo plenamente” (24%). A pequena porcentagem de respostas “concordo parcialmente” (17%) indica que a falta de recursos materiais para utilizar a taxonomia pode ser apenas um problema pontual em algumas organizações.

4.5 Aspecto de solução de problemas

O último aspecto avaliado, apresentado na Tabela 3, investigou a capacidade da taxonomia para auxiliar na solução de problemas, identificando os fatores relacionados com a ocorrência e ajudando na elaboração de ações de prevenção.

As respostas foram bastante positivas, com mediana cinco e maior concentração na opção “concordo” (61%) e “concordo plenamente” (20%), podendo-se inferir que os participantes acreditam que a classificação contribui para a identificação de perigos e elaboração de ações de prevenção.

Para aprofundar a análise no que se refere à capacidade de auxiliar a solução de problemas, comparou-se qualitativamente essa taxonomia com a ASRS, uma das referências na aviação mundial. O Quadro 1 apresenta os grupos genéricos presentes em cada taxonomia, agrupados de forma a facilitar o entendimento.

Quadro 1: Comparação entre taxonomias ASRS e RELPREV.

GRUPOS	ASRS	RELPREV
Organização	Não	Sim
Data, hora e local	Sim	Sim
Condições ambientais	Sim	Sim
Aeronave e pessoal (inclui fase e plano de voo)	Sim	Sim
Tipo de evento	Sim	Sim
Aviação e missão	Não	Sim
Consequências	Sim	Sim
Avaliação do problema e fatores contribuintes	Sim	Não
Avaliação do risco	Não	Sim
Ações de prevenção	Não	Sim
Campos de texto	Ocorrência	Ocorrência e parecer
Total de descritores	546	313

Fonte: O autor.

Analisando apenas o número de descritores, poderia se supor que a taxonomia ASRS é mais completa. Entretanto, deve-se considerar que o público alvo do ASRS inclui todos os tipos de aviação, de todas as nacionalidades que utilizam o espaço aéreo americano. Por outro lado, a taxonomia contida no Manual de Prevenção do SIPAER (BRASIL, 2013b) foi desenvolvida para ser utilizada unicamente pela FAB, resultando em um número menor de situações a serem classificadas e, conseqüentemente, menos descritores.

Tabela 3: Solução de problemas.

Questão	Concordo plenamente	Concordo parcialmente	Discordo parcialmente	Discordo plenamente	Não sei	
10 - Taxonomia auxilia a identificar e prevenir	8 (20%)	25 (61%)	5 (12%)	2 (5%)	1 (2%)	0

Fonte: O autor.

A comparação entre as taxonomias mostra ainda que ambas são estruturalmente bastante semelhantes, mas o RELPREV possui vários grupos extras, possibilitando um registro mais amplo da situação de perigo reportada. Além disto, como a taxonomia do RELPREV possui um campo para registro do parecer do setor responsável e uma lista de verificação para as ações de prevenção, ela facilita também a busca de uma solução para o problema reportado. Portanto, essa comparação corrobora a opinião dos OSV, evidenciando a utilidade da taxonomia no aspecto de solução dos problemas.

Desta forma, sintetizando todos os dados apresentados e analisados, pode-se concluir que a perspectiva dos OSV sobre o uso da taxonomia do RELPREV foi positiva para as atividades de prevenção, auxiliando na identificação dos perigos e na elaboração de ações de prevenção. Entretanto, os óbices relacionados com o tempo despendido na etapa de classificação e o treinamento necessário para usar corretamente esta ferramenta precisam ser adequadamente gerenciados pelo CENIPA, possibilitando a maximização dos benefícios da taxonomia.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do Comando-Geral de Operações Aéreas, durante o período de janeiro a maio de 2013.

Inicialmente utilizou-se pesquisa bibliográfica para identificar os conceitos fundamentais relativos ao RELPREV e seu sistema de classificação. Também se identificaram as características, a estrutura e os grupos genéricos das taxonomias ASRS e RELPREV. Além disso, foram apresentados os critérios de avaliação de Fleishman e Quaintance (1984), bem como os quatro aspectos do critério utilidade: a promoção da comunicação, o número de usuários, os recursos necessários e a contribuição da taxonomia para a solução de problemas.

Posteriormente, apresentou-se a metodologia usada no estudo, incluindo a elaboração de um questionário enviado a todos os Elos SIPAER das Unidades Aéreas e Bases Aéreas do COMGAR. Além disso, selecionou-se o critério de utilidade de Fleishman e Quaintance (1984) para avaliar a taxonomia e foram descritos os tratamentos estatísticos e as limitações do estudo.

Finalmente, procedeu-se à apresentação e análise dos dados. A experiência e o conhecimento técnico dos participantes foram considerados adequados, validando a contribuição dos participantes para os fins desta pesquisa.

Quanto ao aspecto da promoção da informação, constatou-se que o uso da taxonomia facilita o fluxo de informações entre os Elos SIPAER, atingindo um dos

objetivos para os quais esta ferramenta foi desenvolvida e resultando em um impacto positivo nas atividades de Segurança de Voo.

Continuando a pesquisa, avaliou-se a influência do número de participantes na utilidade da taxonomia. Os resultados apresentados evidenciaram que a opção por uma única taxonomia de RELPREV para todas as organizações da FAB foi acertada, resultando em informações mais significativas e melhores ações de prevenção.

No aspecto seguinte, os recursos necessários para utilizar a taxonomia apresentaram alguns óbices. Em relação ao treinamento, alguns participantes consideraram necessário um treinamento específico para usar a ferramenta. Esse aspecto é importante uma vez que a classificação incorreta pode gerar ações de prevenção ineficientes. Outro óbice está relacionado com o tempo necessário para a classificação das situações de perigo, o que pode prejudicar outras atividades de Segurança de Voo. Finalmente, em termos de recursos materiais, considerou-se que os problemas apontados foram pontuais, não havendo um óbice geral nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do COMGAR.

O último aspecto avaliado foi a influência do uso da taxonomia na solução de problemas. A percepção positiva dos OSV nessa questão foi confirmada pela comparação qualitativa entre o ASRS e o RELPREV, constatando-se que o uso da ferramenta, com suas listas de grupos e descritores, auxilia na identificação dos perigos e no desenvolvimento de ações de prevenção.

Portanto, após a análise de todos os aspectos do critério de utilidade de Fleishman e Quaintance (1984) pode-se concluir que foi positiva a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo desenvolvidas pelos Elos SIPAER.

Como principal contribuição deste estudo, pode-se destacar a comprovação de que a taxonomia do RELPREV tem grande potencial para melhorar a prevenção de acidentes na FAB, especialmente por direcionar as ações de prevenção através de um enfoque baseado em dados, conforme previsto no SMS. Entretanto, o CENIPA e outros Elos SIPAER devem estar atentos aos óbices evidenciados nesta pesquisa, providenciando um treinamento oportuno e gerenciando adequadamente o tempo despendido na etapa de classificação de perigos.

Finalmente, deve-se ressaltar que a presente pesquisa não esgota o assunto. Tendo em vista que a taxonomia do RELPREV começou a ser utilizada recentemente, o que foi considerado uma limitação neste estudo, outros óbices podem surgir com o passar do tempo. Assim, sugere-se que novas avaliações sejam feitas no futuro, quando a taxonomia estiver consolidada como uma importante ferramenta do SIPAER, de forma a assegurar a continuidade dos benefícios destacados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto nº 87.249, de 07 de junho de 1982. Dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 jun. 1982. Seção 1, p. 10473.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria EMAER nº 08/CEN, de 21 de janeiro de 2009. Aprova a modificação da NSCA 3-2, que dispõe sobre a Estrutura e Atribuições dos Elementos Constitutivos do SIPAER (NSCA 3-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 32, f. 867, 17 fev. 2009.

_____. Portaria nº 2231/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-3, que dispõe sobre a Gestão de Segurança de Voo na Aviação Brasileira (NSCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 248, f. 12147, 30 dez. 2013, 2013a.

_____. Portaria CENIPA nº 1/DAM, de 03 de dezembro de 2012. Aprova a edição do MCA 3-3, que dispõe sobre o Manual de Prevenção (MCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 72, f. 2796, 16 abr. 2013b.

COCHRAN, W. **Técnicas de amostragem**. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965.

FLEISHMAN, E. A.; QUAINANCE, M. K. **Taxonomies of human performance: the description of human tasks**. Orlando: Academic Press, 1984.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9859 SMM: safety management manual**. Montreal: ICAO, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System program briefing**. 2011. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/ASRS_ProgramBriefing2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System database fields**. 2013. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/dbol/ASRS_Database_Fields.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2013.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. **Safety Management System in aviation**. Burlington: Ashgate, 2008.

WELLS, A. T.; RODRIGUES, C. C. **Commercial aviation safety**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

WOOD, R. H. **Aviation safety programs: a management handbook**. 3. ed. Englewood: Jeppesen Sanderson, 2003.

The prevention report taxonomy impact in flight safety activities

El impacto de la taxonomía del informe de prevención en las actividades de seguridad de vuelo

O impacto da taxonomia do relatório de prevenção nas atividades de segurança de voo

Lt Col Fernando Luís Volkmer
Air Force General Staff - 1st Deputy Leadership - EMAER
Brasília/DF - Brazil
flvolkmer@gmail.com

ABSTRACT

The research objective was analyzing the Flight Safety Officers (FSO) perception on the use of Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities in Air Corps and Air Bases of Air Operations General Command, from January to May, 2013. In order to carry out the research, the Prevention Reports (RELPREV) and the Aviation Safety Reporting System taxonomy concepts and characteristics were presented. Then, Fleishman and Quaintance work and its taxonomy assessment criteria were approached. The methodology employed included documental research, qualitative comparison of taxonomies and preparation of a questionnaire based on usefulness criterion, addressed to Flight Safety Officers from Air Corps and Air Bases. The results obtained have appointed, according to Fleishman and Quaintance usefulness criterion, that the Prevention Reports taxonomy has improved the flow of information, has created a source of significant information and has contributed to identify dangers and develop prevention actions. It was concluded that the FSO perception on Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities developed by the Links of the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention System (SIPAER), which has, as central body, the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA), was positive. However, it is suggested that a specific training should be provided in the adequate use and management of time in order not to prejudice other prevention activities.

Keywords: CENIPA. Flight safety. Prevention report. Taxonomy.

Received / Recibido / Recebido
02/26/14

Accepted / Aceptado / Aceito
03/18/14

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar la percepción de los Oficiales de Seguridad de Vuelo (OSV) sobre el uso de la taxonomía de los Informes de Prevención (RELPREV) en las actividades de Seguridad de Vuelo en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del Comando-General de Operaciones Aéreas, en el período de enero a mayo de 2013. Para realizar la investigación, se presentaron los conceptos y las características de la taxonomía del RELPREV y del Aviation Safety Reporting System. En seguida, se abordó la obra de Fleishman y Quaintance y sus criterios de evaluación de taxonomía. La metodología empleada incluyó investigación documental, comparación cualitativa entre taxonomías y elaboración de un cuestionario, basado en el criterio utilidad, dirigido a los Oficiales de Seguridad de Vuelo de las Unidades Aéreas y Bases Aéreas. Los resultados obtenidos indicaron, en consonancia con el criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance, que la taxonomía de RELPREV mejoró el flujo de informaciones, creó una fuente de informaciones significativas y contribuyó para la identificación de peligros y desarrollo de acciones de prevención. Se concluyó que fue positiva la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo desarrolladas por los Elos del Sistema de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tiene como órgano central el Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA). Sin embargo, se sugiere un entrenamiento específico para su uso y una administración adecuada del tiempo para no perjudicar otras actividades de prevención.

Palabras-clave: CENIPA. Seguridad de vuelo. Informe de prevención. Taxonomía.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo analisar a percepção dos Oficiais de Segurança de Voo (OSV) sobre o uso da taxonomia dos Relatórios de Prevenção (RELPREV) nas atividades de Segurança de Voo nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do Comando-General de Operações Aéreas, no período de janeiro a maio de 2013. Para realizar a pesquisa, apresentaram-se os conceitos e as características da taxonomia do RELPREV e do Aviation Safety Reporting System. Em seguida, abordou-se a obra de Fleishman e Quaintance e seus critérios de avaliação de taxonomia. A metodologia empregada incluiu pesquisa documental, comparação qualitativa entre taxonomias e elaboração de um questionário, baseado no critério utilidade, endereçado aos Oficiais de Segurança de Voo das Unidades Aéreas e Bases Aéreas. Os resultados obtidos indicaram, de acordo com o critério de utilidade de Fleishman e Quaintance, que a taxonomia de RELPREV melhorou o fluxo de informações, criou uma fonte de informações significativas e contribuiu para a identificação de perigos e desenvolvimento de ações de prevenção. Concluiu-se que foi positiva a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo desenvolvidas pelos Elos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tem como órgão central o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Entretanto, sugere-se que seja providenciado um treinamento específico para seu uso e um gerenciamento adequado do tempo para não prejudicar outras atividades de prevenção.

Palavras-chave: CENIPA. Segurança de voo. Relatório de prevenção. Taxonomia.

1 INTRODUCTION

In December 1974, the TWA 514 flight was approximating Dulles Airport, in Washington, when it collided against the ground at 25 miles from the aerodrome. All the 92 occupants of the Boeing 727 died in the accident. Six weeks earlier, one United Airlines flight had gone through the same situation, but the crew could correct the mistake in time to avoid the accident. Unfortunately, this information was not divulged to the other airline companies, resulting in one air disaster (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

The start of world aviation was marked by tragedies of this type, with high frequency of aeronautical accidents. At that time, Flight Safety activities were focused only on the investigation of technical factors involved. Later, issues related to human and organizational areas that might contribute to accidents were also focused. These initiatives have resulted in advances that transformed aviation into a highly safe means of transportation (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

Many of these aviation advances were stimulated by the International Civil Aviation Organization (ICAO), organization responsible for the development of international civil aviation. Lately, ICAO started to foment the implantation of the Safety Management Systems (SMS) in order to improve yet more aviation safety (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

The Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA) and the National Civil Aviation Agency of Brazil (ANAC), following orientation issued by ICAO, incorporated several SMS concepts, since 2008, to increase Flight Safety (BRASIL, 2008).

In 2012, CENIPA approved a review of the Prevention Report (RELPREV) introducing taxonomy for classification of reported danger situations. This taxonomy was conceived to be used as basis for a Prevention Report data bank to Brazilian Air Force (FAB), promoting the development of statistical

indicators and making prevention actions more precise (BRASIL, 2013b).

However, the taxonomy implantation has caused changes in Flight Safety Officers (FSO) with the introduction of new procedures in the Prevention Report process. Due to these changes, frenzy arose associated to the assessment of the consequences of such measures for accident prevention in FAB.

So, this scientific research aims to analyze the FSOs perception on the use of Prevention Report taxonomy in Flight Safety activities in Air Corps and Air Bases of the Air Operation General Command, from January to May 2013.

The research at issue is intended to provide contribution to the Aeronautics Command (COMAER) and, particularly, to CENIPA, by studying one of the most significant changes in Prevention Reports, occurred recently. This tool is used in all organizations that have airships in FAB and with high potential to improve prevention actions, reducing the loss of airships and saving lives.

2 THEORETICAL CONSTRUCT

This item presents a literature review, approaching norms, authors and theories related to the proposed theme and which guide this study. Later, the system used by the American Agency for Aviation Hazards Classification and adopted for Prevention Report classification, concluding with Fleishman e Quaintance (1984) approach to taxonomies, with emphasis on the usefulness criterion.

2.1 SMS concepts and CENIPA norms

According to Wood (2003), SMS arose in the 50s with the development of safety systems for American space programs and missiles. Little by little these systems evolved, eventually becoming the current Flight Safety Management Systems, called SMS. It's about a systematic and comprehensive process for managing risks inherent to aviation activities. The SMS is dynamic, and requires a continuous process of danger identification and risk management (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

ICAO has incentivized all Chicago Convention Member States to implant SMS (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). In Brazil, CENIPA considered that many SMS concepts have high potential to modernize and improve the Brazilian Air Force Flight Safety tools. In 2008, several of these concepts were incorporated to the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention System (SIPAER) (BRASIL, 2013a).

SIPAER carries out aeronautics accidents investigation and prevention activities in Brazil. The central agency of this system is CENIPA and the executive elements are

known as SIPAER links (Elos SIPAER), responsible for executing the activities committed to it, according to norms prepared by CENIPA (BRASIL, 1982).

2.2 Prevention Reports and their taxonomy

According to SIPAER (MCA 3-3) Prevention Handbook, the Prevention Reports purpose is "provide information so that SIPAER links can adopt adequate mitigating actions in face of a potential risk situation [...]" (BRASIL, 2013b, p. 36). Thus, the Prevention Report is a communication channel through where any person can communicate a risk situation to the aviation, multiplying the Commander and the Flight Safety Officer observation capacity.

Another significant aspect of the Prevention Reports (RELPREV) is associated to the amount of information generated. Accidents and incidents in aviation are relatively rare events. The investigation of these occurrences, even though bringing important teachings, is insufficient to develop opportune prevention actions (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). On the other hand, prevention reports are daily completed in Air Corps, resulting in a large source of information to improve Flight Safety.

SMS central issue, as emphasized by Stolzer, Halford and Goglia (2008), is risk management. This is also the Prevention Reports (RELPREV) objective, making possible the use of many SMS concepts. In 2008, CENIPA started to introduce SMS concepts in SIPAER norms. In Prevention Reports process risk assessment was introduced, based on a probability and severity matrix, which has provided a better prioritization of prevention actions developed by FSOs (BRASIL, 2013a).

Later, in 2012, new SMS concepts were inserted in MCA 3-3. The most significant change was the inclusion, in Prevention Reports (RELPREV), of one stage for reports classification. This classification in just one in a total of fifteen stages included in Prevention Reports (BRASIL, 2013b).

According to MCA 3-3, RELPREV classification is intended to "categorize the information received to posterior trend analysis, which will promote the continuous improvement of Flight Safety" (BRASIL, 2013b, p. 42). Thus, categorization shall be understood as a required step to extract meaning from reported information (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

MCA 3-3 also establishes that this categorization shall be made following a specific taxonomy contained in Annex B of the handbook (BRASIL, 2013b). Traditionally, taxonomies are intended to classify botany and zoology species. In a broader sense, taxonomy may be understood as a systematic classification. However, for

the purposes of this study, RELPREV taxonomy should be understood as a standardized classification system for danger situations in aviation, within FAB ambit.

It is up to the FSO the execution of classification of hazardous situations, observing that an incorrect classification “may disguise a trend or point to a wrong trend, generating inadequate prevention actions” (BRASIL, 2013b, p. 42).

2.3 ASRS and RELPREV taxonomies

The accident with flight TWA 514, mentioned in this research introduction, has resulted in deep changes in aviation in the United States and in the world. After the accident, the Federal Aviation Administration (FAA), agency responsible for the American civil aviation, has established the Aviation Safety Reporting System (ASRS), a national report system for hazardous situations in aviation (WELLS; RODRIGUES, 2003).

According to Stolzer, Halford and Goglia (2008), ASRS is known in world aviation as one of the most important report programs in place. With an average that exceeds 5000 reports per month, ASRS is considered one of the largest sources of information on Flight Safety and human factors (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

In addition to generating a series of alerts to aviation, online searches can be made in ASRS data bank. The ASRS success has made many country develop their own volunteer report systems, including Brazil (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

The different factors identified and classified in ASRS may be gathered in generic groups to facilitate its comprehension. The groups used in ASRS are: time/date, place, environmental conditions, airship and their components, personnel, type of event, consequences and assessment of the problem and contributing factors. The groups above have a variable number of descriptors, a kind of category that identifies and specifies each generic group. The total of descriptors in ASRS databank is 546. There is also one descriptive text field to record a succinct summary of the occurrence. (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2013).

In its turn, the RELPREV also records a series of factors that present high similarity with those used in ASRS. The main RELPREV taxonomy groups are: SIPAER link (organization), hour/date, place, airship (includes flight phase and plan) and equipment, personnel (reporter and persons involved), type of aviation and mission, environmental conditions, type of hazard situation (event), consequences,

risk assessment, mitigating actions. The total of RELPREV descriptors is 313. There are descriptive text fields to record the occurrence and the opinion of the sector responsible for the reported problem analysis (BRASIL, 2013b).

Finally, it is important to distinguish the target public in each one of these tools. ASRS can be used to record a hazard situation with any airship in American territory. Thus, it includes national and foreign airships from all types of aviation (WELLS; RODRIGUES, 2003). RELPREV taxonomy, however, is a tool developed specifically for FAB use (BRASIL, 2013b).

2.4 Taxonomy assessment according to usefulness criterion

The use of taxonomies to classify human performance is very important to Flight Safety, for with it we can measure and follow people performance as they accomplish a certain task (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). However, there are few studies that present a specific methodology to assess the effectiveness of classification tools related to human performance and that may be applied in Flight Safety area. One of the works most used for that purpose belongs to Fleishman and Quaintance (1984), where three chief criteria are emphasized to assess any taxonomy: internal validity, external validity and usefulness.

The internal validity criterion checks whether the classification system is logically organized, analyzing the different descriptors used. The external validity criterion checks the level of exactness of the system to reach its proposed objectives, testing it in several situations (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). These two criteria are basically used to assess the taxonomy quality in order to measure what was proposed and check whether the methodology is adequate.

The third Fleishman and Quaintance (1984) criterion assess the tool usefulness. This criterion is intended to measure, in practice, how the use of taxonomy affects a certain system, dimensioning its usefulness. Four aspects are analyzed: communication promotion, required resources, number of users and capacity to solve problems.

Communication promotion is associated to the ease to exchange information (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Any taxonomy should favor information exchange among users. In the case of RELPREV, reported danger situations should be divulged to other SIPAER links, whenever they are relevant to these organizations (BRASIL, 2009). So, in order to have a positive impact, the classification tool used should promote the communication among links, facilitating the sending and search of information on Flight Safety.

With regard to required resources, Fleishman and Quaintance (1984) propose analysis according to the required training, time spent and material resources that will be used in the taxonomy application. Therefore, the simpler and more objective in its formulation, or, the shorter the training, time and material resources required to use it, the lesser will be the negative impact of the tool in Flight Safety activities.

The number of the taxonomy users is another aspect that should be considered in usefulness criterion (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). A large number of users generate a significant amount of information, which are inserted in the data bank. The larger and more complex is the data bank, better prevention actions can be developed, according to the concept stated by ICAO, of actions based on statistical data (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

In case of RELPREV, CENIPA elaborated one single taxonomy to all SIPAER links of the Aeronautics Command (BRASIL, 2013b). Therefore, all FAB organizations that possess airships use the same standardized form to classify hazard situations, which results in a data base too much representative of the Brazilian Air Force aeronautic risk profile.

According to Fleishman and Quaintance (1984), the last aspect to be analyzes is the extent to which taxonomy assists in solving the problems to which it was created. As seen previously, RELPREV seeks the identification of dangers and the development of prevention actions. Thus, RELPREV classification tool should help to reach these objectives, offering support to these activities.

RELPREV taxonomy presents lists with groups and descriptors to classify the different factors involving a hazard situation (BRASIL, 2013b). This form of organization may work as orientation to the FSO for him/her to identify all factors involving a certain danger situation. It can also assist in determining prevention actions since it presents some alternative mitigating actions for the FSO to analyze.

3 METHODOLOGY

The method used in the elaboration of this work was the deductive method, starting from a wide view of SMS concepts until a specific analysis of RELPREV taxonomy and its influence in Flight Safety activities. For such, documental and bibliographic researches were made, and a questionnaire on SIPAER links of Air Bases and Air Corps of the Air Operations General Command (COMGAR).

First, a documental research was made through Document 9859, Safety Management Manual, of International Civil Aviation Organization and Aeronautic Command Systemic Norms (NSCA), related to Flight Safety area published by CENIPA, in order to identify

SMS and SIPAER evolution until the creation of RELPREV taxonomy.

Later, a survey of Flight Safety activities related to RELPREV was made, and the changes occurred after the establishment of the classification tool were identified. Some concepts related to its purpose and objectives were discussed in this phase.

Intended to better identify its characteristics, a qualitative comparison among taxonomies used by RELPREV at FAB and by the Aviation Safety Report System (ASRS) at NASA was carried out, because the latter is acknowledged as reference to the development of similar tools in several countries.

Finally, the theoretical foundation was consolidated through Fleishman and Quaintance (1984) work, which was constituted as master line for RELPREV classification tool assessment. This work was used because it presents a complete methodology for taxonomy assessment, and is reference for many studies oriented to human performance in Flight Safety area.

Analyzing the concepts of this work, the usefulness criterion was chosen, with its four aspects (communication promotion, number of users, required resources and contribution to solve problems) for the present study. The Fleishman and Quaintance (1984) usefulness criterion has shown to be the most adequate to dimension a classification system impact, because it measures their practical effects and the required resources for its use. On the other hand, internal and external validity criteria were dismissed, which are basically used to assess internal logic and meeting of proposed objectives, which are not the purpose of the present work.

As a way to deepen the study and to identify SAPIER links perception, a questionnaire containing ten questions was prepared. The questionnaire was developed through Google Docs tool and sent by email to participants.

The universe considered comprised fifty four militaries, all of them exercising the role of FSO in COMGAR Air bases and Air Corps, with minimum desired sample of thirty six respondents. Thus, we intended to reach a confidence level of 90% and acceptable error of 8% in Cochran (1965) formula application.

The questionnaire was structured in five parts, as follows:

- a) questions 1 to 3 – identify the FSOs experience regarding the use of taxonomy in the exercise of their roles;
- b) questions 4 to 5 – identify perception on RELPREV taxonomy capacity to promote communication;
- c) question 6 – investigate the benefits of a large number of the taxonomy users for Flight Safety;
- d) questions 7 to 9 – verify the need of material resources, training and time spent to use the taxonomy in daily activities; and

e) question 10 – investigate the taxonomy capacity to assist in problems solving, identifying factors related to the occurrence and helping in the preparation of prevention actions.

Questions from 4 to 10 presented seven choices of answer. Based on Likert scale, there were three concordance options and one escape option. This number of options was used to avoid the neutral point, in order to have a clearer position of FSO about agreeing or disagreeing with the proposition. Value 1 (one) was assigned to the “fully disagree” answer and so on, until 6 (six) for “fully agree”.

Before the questionnaire application, a pre-test was carried out with four militaries with Flight Safety training, with which it was possible to check whether the questions were understood by the target-public. It was verified that there was an adequate understanding of the questions, and then data collection could be started.

After receiving the FSOs answers, participants perceptions were analyzed with regard to RELPREV taxonomy impact, under Fleishman and Quaintance (1984) usefulness criterion.

As to the statistical treatment, in order to analyze question 1, only answers frequency was used. In questions 2 and 3, the average of values reported by participants was calculated. In questions 4 to 10, all of them with a Likert scale of six options, the median was calculated. Questions with median five or above (answers concentrated in “agree” and “fully agree”) were considered accepted by the participants. Similarly, questions with mean two or below (answers concentrated in “disagree” and “fully disagree”) were considered not accepted.

To complement answers and better understand the taxonomy capacity to solve problems (question 10), a comparative analysis was made between ASRS and RELPREV taxonomies. This analysis was limited to generic groups and to the number of descriptors in each taxonomy, as well as a distinction of their target publics.

During the research, some limitations were evident. The short period of time in which the taxonomy was used, between January and May 2013, may interfere with participants' perceptions. In addition to time, the number of times that each FSO applied the taxonomy has also varied, interfering with opinions on its usefulness. Finally, for being a new tool that implies changes in FSO routine, there may be a reaction to change by users, affecting their perception on the taxonomy.

4 DATA PRESENTATION AND ANALYSIS

In order to reach this study objective, data collected in the literature review and questionnaire application are presented and analyzed. Initially, a general analysis

of the questionnaire and qualification of militaries who participated in the research will be made. Later, each aspect of Fleishman and Quaintance (1984) usefulness criterion will be analyzed individually, and then a final synthesis will be made.

4.1 General analysis of questionnaire and participants' qualification

The sample obtained in this research comprised forty one participants, representing a confidence level of 90% and sample error of 6.5%, according to Cochran (1965) formula.

In question 1 the militaries academic background was asked. Among respondents, 83% had attended the Flight Safety Official course, the most complete CENIPA course, including prevention and investigation of air accidents modules. The remaining 17% were accredited elements from SIPAER, who held the prevention module only.

Question 2 approached their professional experience, measuring the time the militaries have worked in Flight Safety area. All of them had experience in the area, and answers varied between one and twelve years and the average was 4 years.

The last question of this part of the questionnaire checked how many times the participants had used RELPREV taxonomy. Only six militaries (14%) have not used the taxonomy previously, but they could study it before answering to the questionnaire. The average of use of taxonomy among the other thirty five participants was 36 times, and there was a large variation among participants; and one of them had applied the taxonomy around 400 times.

Therefore, considering the above aspects, one may infer that participants had required Flight Safety experience and knowledge to assess RELPREV taxonomy impact on their activities.

So, these militaries contribution can be considered valid and representative for the other FAB organizations.

4.2 Communication promotion aspect

In order to check whether RELPREV taxonomy promotes the exchange of information among SIPAER links, two questions were elaborated. Question 4 checked whether the taxonomy facilitated the divulgence of danger situation to other organizations. Question 5 attempted to check the reverse way, that is, whether the taxonomy facilitated the search for information from other organizations.

As seen in the theoretical fundamentals, these two concepts complement each other and are both important to verify the positive impact of the taxonomy. Table 1 presents the results found.

Table 1: Communication promotion.

Question	Fully agree	Agree	Agree partially	Disagree partially	Disagree	Fully disagree	I don't know
4 - Information divulgation	12 (29%)	20 (49%)	9 (22%)	0	0	0	0
5 - Search for information	14 (34%)	18 (44%)	6 (15%)	2 (5%)	1 (2%)	0	0

Source: The author.

Analyzing Table 1, one can observe a large concentration of positive answers, with 5 as median, corresponding to the “agree” answer. A total of 78% of participants have chosen the options “agree” and “fully agree”, in both questions. The answers “disagree partially” and “disagree” were few and appear only in question 5.

The result obtained indicates the acceptance of these concepts and is compatible with the literature, once one of the objectives for creating a classification tool is exactly to provide a consultation source that promotes information exchange (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). The acceptance by the users that this tool facilitates the flow of information among SIPAER links shows that this aspect of the objective was reached, resulting in positive impact on Flight Safety.

4.3 Users amount aspect

According to Fleishman and Quaintance (1984), the larger the number of users, the more useful is the taxonomy. On the other hand, the adoption of several classification systems specific to each type of aviation would have an opposite effect, reducing their usefulness.

CENIPA opted for establishing a standard tool to all FAB organizations, in order to create a more significant data bank, due to the large number of information that such system could generate (BRASIL, 2013b). So, question 6 checked the participants' perception on this concept, stating that the fact of there being only

one RELPREV taxonomy for all FAB organizations would result in more significant information and better prevention actions.

The results obtained were clear, with 49% of concordance, 37% of full concordance and 15% of partial concordance. The median obtained was five, which corresponds to the “agree” option, indicating acceptance of the concept. Any of the participants abstained from answering or answered negatively. So, one can conclude that the FSOs consider the adoption of one single tool as the best option, confirming the concepts presented in the literature review.

4.4 Required resources aspect

With regard to required resources to use RELPREV taxonomy, three factors were considered, according to Fleishman and Quaintance (1984) work: the time spent to classify, the required training to use the tool and material resources available in the organization.

In this case, the taxonomy usefulness is inversely proportional to resources required to use it (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Therefore, the less time spent in classifying a report, less training required and less material resources required, the more useful is the taxonomy. In order to check the FSO perception on the subject, three questions were elaborated. Each question addressed one of the three factors related to required resources: time, training and material resources. Table 2 presents the results obtained.

Table 2: Resources required to use the taxonomy.

Question	Fully agree	Agree	Agree partially	Disagree partially	Disagree	Fully disagree	I don't know
7 - Shorter time spent	3 (7%)	11 (27%)	14 (34%)	5 (12%)	3 (7%)	4 (10%)	1 (2%)
8 - Doesn't need training	2 (5%)	10 (24%)	9 (22%)	9 (22%)	7 (17%)	4 (10%)	0
9 - Material resources available at the OM	10 (24%)	17 (41%)	7 (17%)	2 (5%)	4 (10%)	1 (2%)	0

Source: The author.

Different from previous questions, the participants answers related to these three factors vary significantly. In time factor, median was four, corresponding to the answer “agree partially”, insufficient to infer the concept acceptance. The majority of participants agreed partially (34%) or agreed (27%) that short time is spent to apply the taxonomy. However, it must be recorded that a considerable portion has answered negatively to this question. Thus, due to the answers, one may consider that, in some cases, the time spent in classification phase is an obstacle to FSOs.

With regard to training, there was a very similar distribution among positive and negative answers, with a reduction at the scale extremities (fully agree and fully disagree). Again the median was four (agree partially), evidencing that training is considered desirable by many participants.

In the documental review of this work it was not found evidence of a training elaboration, by CENIPA, destined to SIPAER links, to use the taxonomy.

Finally, in terms of material resources, it may be inferred that, in most cases, these resources are available in organizations, since the median was five (agree). The most frequent answers were “agree” (41%) and “fully agree” (24%). The small percent of “agree partially” answers (17%) indicates that lack of resources to use the taxonomy can only be a punctual problem in some organizations.

4.5 Problem solving aspect

The last aspect assessed, presented in Table 3, investigated the taxonomy capacity to assist in problem solving, identifying the factors related to the occurrence and helping in the elaboration of prevention actions.

The answers were quite positive, with median five and higher concentration on option “agree” (61%) and “fully agree” (20%), from which we can infer that participants believe that classification contributes to identify dangers and elaborate prevention actions.

Table 3: Problem solving.

Question	Fully agree	Agree	Agree partially	Disagree partially	Disagree	Fully disagree	I don't know
10 - Taxonomy assists in identification and prevention	8 (20%)	25 (61%)	5 (12%)	2 (5%)	1 (2%)	0	0

Fonte: O autor.

To further analyze the capacity to assist in problem solving, this taxonomy was qualitatively compared to ASRS, a reference in world aviation. Chart 1 displays the generic groups present in each taxonomy, grouped in order to facilitate understanding.

Chart 1: Comparison between ASRS and RELPREV taxonomies.

GROUPS	ASRS	RELPREV
Organization	No	Yes
Date, time and place	Yes	Yes
Environmental conditions	Yes	Yes
Airship and personnel (includes flight phase and plan)	Yes	Yes
Type of event	Yes	Yes
Aviation and mission	No	Yes
Consequences	Yes	Yes
Assessment of the problem and contributing factors	Yes	No
Risk assessment	No	Yes
Prevention actions	No	Yes
Text fields	Occurrence	Occurrence and opinion
Total of descriptors	546	313

Fonte: O autor.

By analyzing only the number of descriptors, one might suppose that ASRS taxonomy is more complete. However, it must be considered that ASRS target public includes all types of aviation, from all nationalities that use the American air space. On the other hand, the taxonomy contained in SIPAER Prevention Handbook (BRASIL, 2013b) was developed to be used only by FAB, resulting in a smaller number of situations to be classified, and consequently, less descriptors.

The comparison between taxonomies shows that both are structurally very similar, but RELPREV has several extra groups, and a wider record of the hazard situation can be reported. Besides, since RELPREV taxonomy has a field to record the responsible sector

opinion and a check list for prevention actions, it also facilitates the search for a solution to the problem reported. Therefore, this comparison supports the FSOs opinion, evidencing the taxonomy usefulness in problems solving aspect.

Thus, after a synthesis of data presented and analyzed, it can be concluded that the FSOs perspective on RELPREV taxonomy use was positive to prevention activities, assisting in the identification of dangers and elaboration of prevention actions. However, obstacles related to time spent in classification phase and the training required to correctly use this tool should be appropriately managed by CENIPA, leading to a maximization of the taxonomy benefits.

5 CONCLUSION

This research objective was the analysis of FSOs perception on RELPREV taxonomy use in Flight Safety activities of Air Operations General Command Air Corps and Air Bases, from January to May, 2013.

Initially a bibliographic research was made to identify fundamental concepts related to RELPREV and its classification system. Characteristics, structure and generic groups of ASRS and RELPREV taxonomies were also identified. In addition to that, Fleishman and Quaintance (1984) assessment criteria were presented, as well as the four aspects of the usefulness criterion: communication promotion, number of users, required resources and taxonomy contribution to solve problems.

Later, the methodology used in the study was presented, including the elaboration of a questionnaire sent to all SIPAER links of COMGAR Air Corps and Air Bases. Besides, Fleishman and Quaintance (1984) usefulness criterion was selected to assess the taxonomy and statistical treatments and the study limitations were described.

Finally, data presentation and analysis were made. Participants experience and technical knowledge were considered appropriate, validating the participants' contribution to the purposes of this research.

With regard to information promotion, it was observed that the use of the taxonomy facilitates information flow among SIPAER links, reaching one of the objective to which this tool was developed and resulting in a positive impact on Flight Safety activities.

Then, the influence of the number of participants in the taxonomy usefulness was assessed. Results evidenced that the option for one single RELPREV taxonomy for all FAB organizations was appropriate, resulting in more significant information and better prevention actions.

In the following aspect, resources required to use the taxonomy presented some obstacles. With regard to training, some participants have considered necessary a specific training to use the tool. This is an important aspect since an incorrect classification may generate inefficient prevention actions. Another difficulty is related to the time required to classify hazard situations, which may prejudice other Flight Safety activities. Finally, in terms of material resources, it was concluded that the problems pointed out were punctual, with no general obstacle in COMGAR Air Corps and Air Bases.

The last aspect assessed was the influence of taxonomy in problems solving. The FSOs positive perception of this matter was confirmed by qualitative comparison between ASRS and RELPREV, confirming that the tool use, with its lists of groups and descriptors assists in the identification of hazards and development of prevention actions.

Therefore, after analysis of all Fleishman and Quaintance (1984) usefulness criterion aspects, it was concluded that FSOs perception on the use of RELPREV taxonomy in Flight Safety activities developed by SIPAER links was positive.

As main contribution from the present study, we may emphasize the evidence that RELPREV taxonomy has a high potential to improve accident prevention in FAB, especially to direct prevention actions with a focus based on data, as provided in SMS. However, CENIPA and other SIPAER links should be attentive to obstacles evidenced in this research, providing opportune training and appropriately managing the time spent in hazards classification phase.

Finally, it should be emphasized that the present research does not exhaust the subject. Since RELPREV taxonomy started to be used recently, which was considered a limitation to this study, other obstacles may arise over time. So, it is suggested that new assessments should be made in the future, when the taxonomy is consolidated as an important SIPAER tool, in order to ensure the continuation of benefits emphasized in this research.

REFERENCES

BRASIL. Decreto nº 87.249, de 07 de junho de 1982. Dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 jun. 1982. Seção 1, p. 10473.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria EMAER nº 08/CEN, de 21 de janeiro de 2009. Aprova a modificação da NSCA 3-2, que dispõe sobre a Estrutura e Atribuições dos Elementos Constitutivos do SIPAER (NSCA 3-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 32, f. 867, 17 fev. 2009.

_____. Portaria nº 2231/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-3, que dispõe sobre a Gestão de Segurança de Voo na Aviação Brasileira (NSCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 248, f. 12147, 30 dez. 2013, 2013a.

_____. Portaria CENIPA nº 1/DAM, de 03 de dezembro de 2012. Aprova a edição do MCA 3-3, que dispõe sobre o Manual de Prevenção (MCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 72, f. 2796, 16 abr. 2013b.

COCHRAN, W. **Técnicas de amostragem**. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965.

FLEISHMAN, E. A.; QUAINANCE, M. K. **Taxonomies of human performance: the description of human tasks**. Orlando: Academic Press, 1984.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9859 SMM: safety management manual**. Montreal: ICAO, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System program briefing**. 2011. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/ASRS_ProgramBriefing2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System database fields**. 2013. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/dbol/ASRS_Database_Fields.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2013.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. **Safety Management System in aviation**. Burlington: Ashgate, 2008.

WELLS, A. T.; RODRIGUES, C. C. **Commercial aviation safety**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

WOOD, R. H. **Aviation safety programs: a management handbook**. 3. ed. Englewood: Jeppesen Sanderson, 2003.

El impacto de la taxonomía del informe de prevención en las actividades de seguridad de vuelo

The prevention report taxonomy impact in flight safety activities

O impacto da taxonomia do relatório de prevenção nas atividades de segurança de voo

Ten Cel Av Fernando Luís Volkmer
Estado Mayor de la Aeronáutica - 1ª Subjefatura - EMAER
Brasília/DF - Brasil
flvolkmer@gmail.com

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar la percepción de los Oficiales de Seguridad de Vuelo (OSV) sobre el uso de la taxonomía de los Informes de Prevención (RELPREV) en las actividades de Seguridad de Vuelo en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del Comando-General de Operaciones Aéreas, en el período de enero a mayo de 2013. Para realizar la investigación, se presentaron los conceptos y las características de la taxonomía del RELPREV y del *Aviation Safety Reporting System*. En seguida, se abordó la obra de Fleishman y Quaintance y sus criterios de evaluación de taxonomía. La metodología empleada incluyó investigación documental, comparación cualitativa entre taxonomías y elaboración de un cuestionario, basado en el criterio utilidad, dirigido a los Oficiales de Seguridad de Vuelo de las Unidades Aéreas y Bases Aéreas. Los resultados obtenidos indicaron, en consonancia con el criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance, que la taxonomía de RELPREV mejoró el flujo de informaciones, creó una fuente de informaciones significativas y contribuyó para la identificación de peligros y desarrollo de acciones de prevención. Se concluyó que fue positiva la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo desarrolladas por los Elos del Sistema de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tiene como órgano central el Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA). Sin embargo, se sugiere un entrenamiento específico para su uso y una administración adecuada del tiempo para no perjudicar otras actividades de prevención.

Palabras-clave: CENIPA. Seguridad de vuelo. Informe de prevención. Taxonomía.

Recibido / Received / Recebido
26/02/14

Aceptado / Accepted / Aceito
18/03/14

ABSTRACT

The research objective was analyzing the Flight Safety Officers (FSO) perception on the use of Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities in Air Corps and Air Bases of Air Operations General Command, from January to May, 2013. In order to carry out the research, the Prevention Reports (RELPREV) and the Aviation Safety Reporting System taxonomy concepts and characteristics were presented. Then, Fleishman and Quaintance work and its taxonomy assessment criteria were approached. The methodology employed included documental research, qualitative comparison of taxonomies and preparation of a questionnaire based on usefulness criterion, addressed to Flight Safety Officers from Air Corps and Air Bases. The results obtained have appointed, according to Fleishman and Quaintance usefulness criterion, that the Prevention Reports taxonomy has improved the flow of information, has created a source of significant information and has contributed to identify dangers and develop prevention actions. It was concluded that the FSO perception on Prevention Reports taxonomy in Flight Safety activities developed by the Links of the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention System (SIPAER), which has, as central body, the Aeronautical Accidents Investigation and Prevention Center (CENIPA), was positive. However, it is suggested that a specific training should be provided in the adequate use and management of time in order not to prejudice other prevention activities.

Keywords: CENIPA. Flight safety. Prevention report. Taxonomy.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo analisar a percepção dos Oficiais de Segurança de Voo (OSV) sobre o uso da taxonomia dos Relatórios de Prevenção (RELPREV) nas atividades de Segurança de Voo nas Unidades Aéreas e Bases Aéreas do Comando-Geral de Operações Aéreas, no período de janeiro a maio de 2013. Para realizar a pesquisa, apresentaram-se os conceitos e as características da taxonomia do RELPREV e do Aviation Safety Reporting System. Em seguida, abordou-se a obra de Fleishman e Quaintance e seus critérios de avaliação de taxonomia. A metodologia empregada incluiu pesquisa documental, comparação qualitativa entre taxonomias e elaboração de um questionário, baseado no critério utilidade, endereçado aos Oficiais de Segurança de Voo das Unidades Aéreas e Bases Aéreas. Os resultados obtidos indicaram, de acordo com o critério de utilidade de Fleishman e Quaintance, que a taxonomia de RELPREV melhorou o fluxo de informações, criou uma fonte de informações significativas e contribuiu para a identificação de perigos e desenvolvimento de ações de prevenção. Concluiu-se que foi positiva a percepção dos OSV sobre o uso da taxonomia de RELPREV nas atividades de Segurança de Voo desenvolvidas pelos Elos do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), que tem como órgão central o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Entretanto, sugere-se que seja providenciado um treinamento específico para seu uso e um gerenciamento adequado do tempo para não prejudicar outras atividades de prevenção.

Palavras-chave: CENIPA. Segurança de voo. Relatório de prevenção. Taxonomia.

1 INTRODUCCIÓN

En diciembre de 1974, el vuelo TWA 514 estaba aproximándose del Aeropuerto de Dulles, en Washington, cuando colidió contra el suelo a 25 millas del aeródromo. Todos los 92 ocupantes del Boeing 727 fallecieron en el accidente. Seis semanas antes, un vuelo de la United Airlines pasó por la misma situación, pero la tripulación corrigió el error a tiempo de evitar el accidente. Lamentablemente, esa información no fue divulgada para las demás empresas aéreas, resultando en un desastre aéreo (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

El inicio de la aviación mundial fue marcado por tragedias de ese tipo, con una gran frecuencia de accidentes aeronáuticos. En ese período, las actividades de Seguridad de Vuelo se concentraban únicamente en la investigación de los factores técnicos envueltos. Posteriormente, se focalizó en problemas relacionados a las áreas humanas y organizativas que pueden contribuir con los accidentes. Esas iniciativas resultaron en avances

que transformaron la aviación en un medio de transporte extremadamente seguro (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

Muchos de esos avances de la aviación fueron incentivados por la Organización de la Aviación Civil Internacional (ICAO, en la sigla en inglés), la organización responsable por el desarrollo de la aviación civil internacional. En los últimos años, la ICAO comenzó a fomentar la implantación de *Safety Management Systems* (SMS) como forma de mejorar aún más la seguridad de la aviación (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

El Centro de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (CENIPA) y la Agencia Nacional de Aviación Civil (ANAC), siguiendo las orientaciones emanadas por la ICAO, incorporaron varios conceptos de SMS a partir de 2008, para aumentar la Seguridad de Vuelo (BRASIL, 2008).

En 2012, el CENIPA aprobó una revisión del Informe de Prevención (RELPREV), introduciendo una taxonomía para clasificación de las situaciones de peligro reportadas. Esa taxonomía fue concebida para ser usada como base de un banco de datos de RELPREV para la Fuerza Aérea Brasileña (FAB), permitiendo el desarrollo de indicadores estadísticos y haciendo las acciones de prevención más precisas (BRASIL, 2013b).

Sin embargo, la implantación de la taxonomía causó cambios en las actividades de los Oficiales de Seguridad de Vuelo (OSV), introduciendo nuevos procedimientos en el proceso de RELPREV. En virtud de esas alteraciones, surgió la inquietud en el sentido de evaluar las consecuencias de tales medidas para prevenir accidentes en la FAB.

Así, esta investigación científica buscó analizar la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del Comando General de Operaciones Aéreas, en el período de enero a mayo de 2013.

La investigación en cuestión busca contribuir con el ámbito del Comando de Aeronáutica (COMAER) y, en especial, con el CENIPA, por estudiar una de las modificaciones más significativas del RELPREV ocurrida en los últimos años. Esa herramienta es utilizada en todas las organizaciones que poseen aeronaves en la FAB y tiene gran potencial para mejorar las acciones de prevención, reduciendo la pérdida de aeronaves y salvando vidas.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este ítem presenta una revisión de la literatura, abordando las normas, los autores y las teorías que están relacionados con el tema propuesto y que conducen este estudio. Posteriormente, se compara el sistema utilizado por la agencia aeroespacial americana de clasificación de peligros para la aviación y el adoptado para clasificación del RELPREV, finalizando con el abordaje de Fleishman y Quaintance (1984) para las taxonomías, con énfasis en el criterio de utilidad.

2.1 Los conceptos del SMS y las normas del CENIPA

De acuerdo con Wood (2003), el SMS surgió en los años de 1950 con el desarrollo de sistemas de seguridad para los programas espaciales y de misiles americanos. Gradualmente, tales sistemas fueron evolucionando, transformándose en los actuales sistemas

de administración de Seguridad de Vuelo, llamados SMS. Se trata de un proceso sistemático y amplio para administrar riesgos inherentes a las actividades de la aviación. El SMS posee un carácter dinámico, requiriendo un proceso continuo de identificación de peligros y administración de los riesgos (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

La ICAO ha incentivado todos los Estados Miembros de la Convención de Chicago a implantar el SMS (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). En Brasil, el CENIPA consideró que muchos conceptos del SMS tienen gran potencial para modernizar y mejorar las herramientas de Seguridad de Vuelo de la Fuerza Aérea Brasileira. En 2008, varios de esos conceptos fueron incorporados a las normas del Sistema de Investigación y Prevención de Accidentes Aeronáuticos (SIPAER) (BRASIL, 2013a).

El SIPAER realiza las actividades de investigación y prevención de accidentes aeronáuticos en Brasil. El órgano central de este sistema es el CENIPA y los elementos ejecutivos son conocidos como Enlaces SIPAER, a quien compete ejecutar las actividades que les fueren cometidas, según las normas elaboradas por el CENIPA (BRASIL, 1982).

2.2 Conceptos del RELPREV y su taxonomía

De acuerdo con el Manual de Prevención del SIPAER (MCA 3-3), el propósito del RELPREV es de “suministrar informaciones para que los Enlaces SIPAER puedan adoptar acciones mitigadoras adecuadas frente a una situación potencial de riesgo[...]” (BRASIL, 2013b, p. 36). Así, el RELPREV es un canal de comunicación donde cualquier persona puede comunicar una situación de riesgo para la aviación, multiplicando la capacidad de observación del Comandante y del Oficial de Seguridad de Vuelo.

Otro aspecto significativo del RELPREV está relacionado con la cantidad de informaciones generadas. Los accidentes e incidentes en la aviación son eventos relativamente raros. La investigación de esas ocurrencias, a pesar de dejar enseñanzas importantes, son insuficientes para el desarrollo de acciones de prevención oportunas (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013). Por otro lado, los informes de prevención son completados diariamente en las Unidades Aéreas, resultando en una gran fuente de información para la mejora de la Seguridad de Vuelo.

La cuestión central del SMS, según fue destacado por Stolzer, Halford y Goglia (2008), es la administración del riesgo. Este también es el objetivo del RELPREV, tornando posible utilizar muchos conceptos del SMS. En 2008, el CENIPA comenzó a introducir conceptos de SMS en las normas del SIPAER. En el proceso del RELPREV se insertó la evaluación del riesgo, basada en una matriz de probabilidad y severidad, lo que proporcionó una mejor priorización de las acciones de prevención desarrolladas por los OSV (BRASIL, 2013a).

Posteriormente, en 2012, fueron incluidos nuevos conceptos de SMS en el MCA 3-3. El cambio más significativo fue la inclusión, en el RELPREV, de una etapa para la clasificación de los reportes. Esa clasificación es solamente una de un total de quince etapas previstas en el proceso del RELPREV (BRASIL, 2013b).

De acuerdo con el MCA 3-3, la clasificación del RELPREV apunta a “categorizar la información recibida para posibilitar un posterior análisis de tendencias, permitiendo la mejora continua de la Seguridad de Vuelo” (BRASIL, 2013b, p. 42). Así, la categorización debe ser entendida como un paso necesario para extraer significado de una información reportada (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

El MCA 3-3 también establece que esa categorización debe hacerse siguiendo una taxonomía específica contenida en el Anexo B del manual (BRASIL, 2013b). Tradicionalmente, las taxonomías tienen por función la clasificación de las especies en botánica y zoología. En un sentido más amplio, una taxonomía puede ser entendida como una clasificación sistemática. Sin embargo para efectos de este estudio, la taxonomía del RELPREV debe ser entendida como un sistema de clasificación estándar de situaciones de peligro para la aviación, dentro del ámbito de la FAB.

Cabe al OSV la responsabilidad de realizar la clasificación de las situaciones de peligro, con la reserva de que una clasificación incorrecta “puede camuflar una tendencia o señalar una tendencia errada, generando acciones de prevención inadecuadas en la organización” (BRASIL, 2013b, p. 42).

2.3 Las taxonomías ASRS y RELPREV

El accidente con el vuelo TWA 514, citado en la introducción de esta investigación, resultó en profundos cambios para la aviación en los Estados Unidos y en el mundo. Después del accidente, la *Federal Aviation*

Administration (FAA), órgano responsable por la aviación civil americana, estableció el *Aviation Safety Reporting System* (ASRS), un sistema nacional de reporte de situaciones de peligro para la aviación (WELLS; RODRIGUES, 2003).

De acuerdo con Stolzer, Halford y Goglia (2008), el ASRS es reconocido en la aviación mundial como uno de los más importantes programas de reporte en uso. Con un promedio que supera 5000 relatos por mes, el ASRS es considerado una de las mayores fuentes de información sobre Seguridad de Vuelo y factores humanos (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

Además de generar una serie de alertas para la aviación, el ASRS permite que se hagan búsquedas *online* en su base de datos. El éxito del ASRS hizo que muchos países desarrollasen sus propios sistemas de reporte voluntario, incluyendo Brasil (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2011).

Los diversos factores que son identificados y clasificados en el ASRS pueden ser reunidos en grupos genéricos para facilitar su comprensión. Los grupos utilizados en el ASRS son: hora/fecha, lugar, condiciones ambientales, aeronave y sus componentes, personal, tipo de evento, consecuencias y evaluación del problema y de los factores contribuyentes. Los grupos anteriores poseen un número variable de descriptores, una especie de subcategoría que identifica y especifica cada grupo genérico. El total de descriptores de la base de datos del ASRS es de 546. Existe también un campo de texto descriptivo para registrar un resumen sucinto de la ocurrencia (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2013).

Por su parte, el RELPREV también registra una serie de factores que poseen gran similitud con los usados en el ASRS. Los principales grupos de la taxonomía del RELPREV son: Enlace SIPAER (organización), hora/fecha, lugar, aeronave (incluye la etapa y el plan de vuelo) y equipamiento, personal (relator e involucrados), tipo de aviación y misión, condiciones ambientales, tipo de situación de peligro (evento), consecuencias, evaluación del riesgo, acciones mitigadoras. El total de descriptores del RELPREV es de 313. Existen campos de texto descriptivos para registrar la ocurrencia y el parecer del sector responsable por el análisis del problema reportado (BRASIL, 2013b).

Finalmente se debe diferenciar el público objetivo de cada una de esas herramientas. El ASRS puede

ser utilizado para registrar una situación de peligro con cualquier aeronave en territorio americano. Así, abarca aeronaves nacionales y extranjeras de todos los tipos de aviación (WELLS; RODRIGUES, 2003). La taxonomía del RELPREV, sin embargo, es una herramienta desarrollada específicamente para uso de la FAB (BRASIL, 2013b).

2.4 Evaluación de la taxonomía según el criterio de utilidad

El uso de taxonomías para clasificar el desempeño humano es muy importante para la Seguridad de Vuelo, pues permite medir y acompañar la performance de las personas al realizar una determinada tarea (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). Sin embargo, existen pocos estudios que presenten una metodología específica para evaluar la efectividad de las herramientas de clasificación relacionadas al desempeño humano y que puedan ser aplicados en el área de Seguridad de Vuelo. Uno de los trabajos más utilizados para este fin pertenece a Fleishman y Quaintance (1984), el cual destaca tres criterios principales para evaluar una taxonomía: la validez interna, la validez externa y la utilidad.

El criterio de la validez interna verifica si el sistema de clasificación es lógicamente organizado, analizando los diversos descriptores usados. El criterio de validez externa verifica el grado de exactitud del sistema para alcanzar sus objetivos propuestos, probándola en varias situaciones (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Esos dos criterios son básicamente usados para evaluar la calidad de la taxonomía para medir lo que fue propuesto y si la metodología es adecuada.

El tercer criterio de Fleishman y Quaintance (1984) evalúa la utilidad de la herramienta. Ese criterio busca medir, en la práctica, como el uso de una taxonomía afecta un determinado sistema, dimensionando su utilidad. Cuatro aspectos son analizados: la promoción de la comunicación, los recursos necesarios, el número de usuarios y la capacidad de solucionar problemas.

La promoción de la comunicación está relacionada con la facilidad para intercambiar informaciones (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Una taxonomía debe favorecer el intercambio de informaciones entre los usuarios. En el caso do RELPREV, las situaciones de peligro reportadas deben ser divulgadas a los demás Enlaces SIPAER, siempre que fueran del interés de esas organizaciones (BRASIL, 2009). Así, para tener un impacto

positivo, la herramienta de clasificación utilizada debe estimular la comunicación entre los eslabones, facilitando el envío y la búsqueda de informaciones de Seguridad de Vuelo.

Con relación a los recursos necesarios, Fleishman y Quaintance (1984) proponen análisis en función del entrenamiento necesario, del tiempo usado y de los recursos materiales que serán utilizados al aplicar la taxonomía. De esta forma, cuanto más simple y objetiva en su formulación, o sea, cuanto menor el entrenamiento, el tiempo y los recursos materiales necesarios para usarla, menor será el impacto negativo de esta herramienta en las actividades de Seguridad de Vuelo.

El número de usuarios de la taxonomía es otro aspecto que debe ser considerado en el criterio utilidad (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Un número grande de usuarios genera una cantidad significativa de informaciones, las cuales se incluyen en la base de datos. Cuanto mayor y más completo fuera esa base de datos, mejores acciones de prevención podrán ser desarrolladas, según el concepto preconizado por la ICAO de acciones basadas en datos estadísticos (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2013).

En el caso del RELPREV, el CENIPA elaboró una taxonomía única para todos los Eslabones SIPAER del Comando de Aeronáutica (BRASIL, 2013b). Por lo tanto, todas las organizaciones de la FAB que poseen aeronaves utilizan la misma forma estándar para clasificar las situaciones de peligro, lo que resulta en una base de datos bastante representativa del perfil de riesgo aeronáutico de la Fuerza Aérea Brasileira.

Según Fleishman y Quaintance (1984), el último aspecto a ser analizado es en qué medida la taxonomía ayuda en la solución de los problemas para los cuales fue desarrollada. Como fue visto anteriormente, el RELPREV busca identificar peligros y desarrollar acciones de prevención. Así, la herramienta de clasificación del RELPREV debe ayudar a alcanzar estos objetivos, ofreciendo soporte para estas actividades.

La taxonomía del RELPREV presenta listas con grupos y descriptores para clasificar los diversos factores involucrando una situación de peligro (BRASIL, 2013b). Esa forma de organización puede servir de orientación al OSV para identificar todos los factores involucrando una determinada situación de peligro. También puede ayudar a determinar acciones de prevención al presentar algunas alternativas de acciones mitigadoras para que el OSV analice.

3 METODOLOGIA

El método utilizado en la elaboración de este trabajo fue el deductivo, partiendo de una visión amplia de los conceptos de SMS hasta un análisis específico de la taxonomía del RELPREV y su influencia en las actividades de Seguridad de Vuelo. Para eso, se realizaron investigaciones documentales y bibliográficas, siendo también aplicado un cuestionario en los Enlaces SIPAER de las Bases Aéreas y Unidades Aéreas del Comando General de Operaciones Aéreas (COMGAR).

Al inicio, se realizó una investigación documental a través del Documento 9859, *Safety Management Manual*, de la Organización de la Aviación Civil Internacional y de las Normas Sistémicas del Comando de la Aeronáutica (NSCA), relativas al área de Seguridad de Vuelo publicadas por el CENIPA, para identificar la evolución del SMS y del SIPAER hasta la creación de la taxonomía del RELPREV.

Posteriormente, se hizo un relevamiento de las actividades de Seguridad de Vuelo relacionadas al RELPREV y se identificaron los cambios ocurridos después de establecer la herramienta de clasificación. Aún en esa parte, se discutieron algunos conceptos relacionados con su finalidad y sus objetivos.

Con el objetivo de identificar mejor sus características, se hizo una comparación cualitativa entre las taxonomías utilizadas por el RELPREV en la FAB y por el *Aviation Safety Report System (ASRS)* en la NASA, por ser esta reconocida como referencia para el desarrollo de herramientas semejantes en diversos países.

Finalmente, se consolidó la fundamentación teórica por medio de la obra de Fleishman y Quaintance (1984), que se constituyó como línea maestra para la evaluación de la herramienta de clasificación del RELPREV. Se utilizó esa obra por presentar una metodología completa de evaluación de taxonomías, siendo referencia en muchos estudios dirigidos al desempeño humano en el área de Seguridad de Vuelo.

Analizando los conceptos de esa obra, se seleccionó el criterio de utilidad, con sus cuatro aspectos (promoción de la comunicación, número de usuarios, recursos necesarios y contribución para solución de problemas) para ser utilizado en este estudio. El criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance (1984) se mostró más adecuado para dimensionar el impacto de un sistema clasificatorio por medir sus efectos prácticos y los recursos necesarios para su utilización. Por otro lado, se descartan los

criterios de validez interna y externa, los cuales son básicamente usados para evaluar la lógica interna y el cumplimiento de los objetivos propuestos, lo que no es la finalidad de este trabajo.

Como forma de profundizar el estudio y con el propósito de identificar la percepción de los Enlaces SIPAER, se elaboró un cuestionario conteniendo diez preguntas. El cuestionario fue desarrollado a través de la herramienta *Google Docs* e enviado por *email* a los participantes.

El universo considerado fue de cincuenta y cuatro militares, todos ejerciendo función de OSV en las Bases Aéreas y Unidades Aéreas del COMGAR, siendo la muestra mínima deseada de treinta y seis respondientes. Así, se pretendió alcanzar un grado de confianza de 90% y un error aceptable de 8% al aplicar la fórmula de Cochran (1965).

Se estructuró el cuestionario en cinco partes, según sigue:

a) preguntas 1 a 3 – identificaron la experiencia de los OSV sobre el uso de la taxonomía y en el ejercicio de sus funciones;

b) preguntas 4 y 5 – identificaron las percepciones sobre la capacidad de la taxonomía del RELPREV en promover la comunicación;

c) pregunta 6 – investigó los beneficios de un gran número de usuarios de la taxonomía para la Seguridad de Vuelo;

d) preguntas 7 a 9 – verificaron la necesidad de recursos materiales, entrenamiento y tiempo usado para utilizar la taxonomía en las actividades diarias; y

e) pregunta 10 – investigó la capacidad de la taxonomía para ayudar en la solución de problemas, identificando los factores relacionados con la ocurrencia y ayudando en la elaboración de acciones de prevención.

Las preguntas de 4 a 10 tenían siete alternativas como respuesta. Basadas en una escala de Likert, tenían tres opciones de acuerdo, tres opciones de discrepancia y una de fuga. Se utilizó este número de opciones para evitar el punto neutro, buscando una posición más clara de los OSV sobre la concordancia o discrepancia del enunciado. Se atribuyó el valor 1 (uno) para la respuesta “discrepo plenamente” y así, sucesivamente, hasta el valor 6 (seis) para “conuerdo plenamente”.

Antes de la aplicación del cuestionario, se realizó un pretest con cuatro militares con curso de Seguridad de Vuelo, sirviendo para identificar si las preguntas serían entendidas por el público-objetivo. Se verificó que hubo un entendimiento adecuado de las cuestiones formuladas, posibilitando el inicio de la recolección de datos.

Después de recibir las respuestas de los OSV, se analizaron las percepciones de los participantes con relación al impacto de la taxonomía del RELPREV, a la luz del criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance (1984).

En relación al tratamiento estadístico, para analizar la pregunta 1 se utilizó solamente la frecuencia de respuestas. En las preguntas 2 y 3, se colocó el promedio de los valores reportados por los participantes. En las preguntas 4 a 10, todas con una escala de Likert de seis opciones, se calculó el promedio. Las preguntas con promedio cinco o más (respuestas concentradas en “conuerdo” y “conuerdo plenamente”) fueron consideradas aceptadas por los participantes. De la misma forma, fueron consideradas no aceptadas las preguntas con promedio dos o menos (respuestas concentradas en “discrepo” y “discrepo plenamente”).

Para complementar las respuestas y comprender mejor la capacidad de la taxonomía en solucionar problemas (pregunta 10), se realizó un análisis comparativo entre las taxonomías ASRS y RELPREV. Ese análisis se limitó a los grupos genéricos y al número de descriptores de cada taxonomía, así como una distinción de sus públicos objetivo.

Durante la investigación, aparecieron algunas limitaciones. El corto período de tiempo que la taxonomía fue utilizada, entre enero y mayo de 2013, pudo interferir en las percepciones de los participantes. Además del tiempo, el número de veces que cada OSV aplicó la taxonomía también varió, interfiriendo en las opiniones sobre su utilidad. Finalmente, por tratarse de una herramienta nueva y que implica en cambios en la rutina del OSV, pudo haber una reacción al cambio de los usuarios, impactando en su percepción sobre la taxonomía.

4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para alcanzar el objetivo de este estudio serán presentados y analizados los datos recolectados en la revisión de la literatura y en la aplicación del cuestionario. Inicialmente, se hará un análisis general del cuestionario y de la calificación de los militares que participaron de la investigación. Posteriormente, cada aspecto del criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance (1984) será analizado separadamente, para entonces proceder a una síntesis final.

4.1 Análisis general del cuestionario y calificación de los participantes

La muestra obtenida en esta investigación fue de cuarenta y un participantes, representando un grado de confianza de 90% y un error de muestra de 6,5%, de acuerdo con la fórmula de Cochran (1965).

En la pregunta 1 se preguntó sobre la formación de los militares. Entre los respondientes, 83% poseían el curso de Oficial de Seguridad de Vuelo, el curso más completo del CENIPA, incluyendo los módulos de prevención e investigación de accidentes aéreos. Los restantes 17% eran elementos acreditados del SIPAER, que poseían solo el módulo de prevención.

La pregunta 2 abordó la experiencia profesional, midiendo el tiempo en que los militares actuaron en el área de Seguridad de Vuelo. Todos poseían experiencia en el área, siendo que las respuestas variaron entre uno y doce años y el promedio fue de 4 años.

La última pregunta de esta parte del cuestionario verificó cuantas veces los participantes ya habían utilizado la taxonomía del RELPREV. Solo seis militares (14%) no utilizaron la taxonomía previamente, pero pudieron estudiarla antes de responder al cuestionario. El promedio de utilización de la taxonomía entre los demás treinta y cinco participantes fue de 36 veces, siendo que hubo una gran variación entre los participantes, con uno de ellos habiendo aplicado la taxonomía cerca de 400 veces.

Por lo tanto, considerando los aspectos anteriores, se puede inferir que los participantes poseían la experiencia y el conocimiento en Seguridad de Vuelo necesarios para evaluar el impacto de la taxonomía del RELPREV en sus actividades.

Así, la contribución de estos militares puede ser considerada válida y representativa para las demás organizaciones de la FAB.

4.2 Aspecto de promoción de la comunicación

Para verificar si la taxonomía del RELPREV estimula el intercambio de informaciones entre los Enlaces SIPAER, fueron elaboradas dos preguntas. La pregunta 4 verificaba si la taxonomía facilitaba la divulgación de las situaciones de peligro para otras organizaciones. La pregunta 5 buscaba verificar el camino inverso, o sea, si la taxonomía facilitaba la búsqueda de informaciones de otras organizaciones.

Como fue visto en la fundamentación teórica, estos dos conceptos se complementan y ambos son importantes para verificar el impacto positivo de la taxonomía. La Tabla 1 presenta los resultados encontrados.

Tabla 1: Promoción de la comunicación.

Pregunta	Coincido plenamente	Coincido	Coincido parcialmente	Discrepo parcialmente	Discrepo	Discrepo plenamente	No sé
4 - Divulgación de información	12 (29%)	20 (49%)	9 (22%)	0	0	0	0
5 - Búsqueda de información	14 (34%)	18 (44%)	6 (15%)	2 (5%)	1 (2%)	0	0

Fuente: El autor.

Analizando la Tabla 1 es posible verificar una gran concentración de respuestas positivas, siendo que el promedio fue cinco, correspondiente a la respuesta “coincido”. Un total de 78% de los participantes eligieron las opciones “coincido” y “coincido plenamente”, en ambas preguntas. Las respuestas “discrepo parcialmente” y “discrepo” fueron mínimas y aparecieron solo en la pregunta 5.

El resultado obtenido indica la aceptación de estos conceptos y es compatible con la literatura, ya vez que uno de los objetivos de crear una herramienta de clasificación es justamente proporcionar una fuente de consulta que fomente el intercambio de informaciones (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008). La aceptación por parte de los usuarios de que esta herramienta facilita el flujo de informaciones entre los Enlaces SIPAER muestra que este aspecto del objetivo fue alcanzado, resultando en un impacto positivo en las actividades de Seguridad de Vuelo.

4.3 Aspecto de cantidad de usuarios

De acuerdo con Fleishman y Quaintance (1984), cuanto mayor el número de usuarios, más útil es la taxonomía. Por otro lado, la adopción de varios sistemas específicos de clasificación para cada tipo de aviación tendría un efecto contrario, disminuyendo su utilidad.

El CENIPA optó por establecer una herramienta estándar para todas las organizaciones de la FAB, buscando crear un banco de datos más significativo, en función del gran número de informaciones que este sistema podría generar (BRASIL, 2013b). Así, la pregunta 6 verificó la percepción de los participantes sobre ese concepto, afirmando que el hecho

de que exista una única taxonomía del RELPREV para todas las organizaciones de la FAB resultaría en informaciones más significativas y mejores acciones de prevención.

Los resultados obtenidos fueron claros, con 49% de acuerdo, 37% de acuerdo pleno y 15% de acuerdo parcial. El promedio obtenido fue cinco, lo que corresponde a la opción “coincido”, indicando la aceptación del concepto. Ningún participante se abstuvo o respondió negativamente. De esta forma, se puede concluir que los OSV consideran la adopción de una herramienta única como la mejor opción, confirmando los conceptos presentados en la revisión de la literatura.

4.4 Aspecto de recursos necesarios

Con relación a los recursos necesarios para utilizar la taxonomía del RELPREV, fueron considerados tres factores, de acuerdo con la obra de Fleishman y Quaintance (1984): el tiempo usado para clasificar, el entrenamiento necesario para utilizar la herramienta y los recursos materiales disponibles en la organización.

En este caso, la utilidad de la taxonomía es inversamente proporcional a los recursos necesarios para utilizarla (FLEISHMAN; QUAINANCE, 1984). Por lo tanto, cuanto menos tiempo usado para clasificar un reporte, se requiera menos entrenamiento y menos recursos materiales, más útil es la taxonomía. Para verificar la percepción de los OSV sobre el asunto, fueron elaboradas tres preguntas. Cada pregunta se dirigía uno de los tres factores relativos a los recursos necesarios: el tiempo, el entrenamiento y los recursos materiales. La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos.

Tabla 2: Recursos necesarios para utilizar la taxonomía.

Pregunta	Coincido plenamente	Coincido	Coincido parcialmente	Discrepo parcialmente	Discrepo	Discrepo plenamente	No sé
7 - Poco tiempo usado	3 (7%)	11 (27%)	14 (34%)	5 (12%)	3 (7%)	4 (10%)	1 (2%)
8 - No precisa entrenamiento	2 (5%)	10 (24%)	9 (22%)	9 (22%)	7 (17%)	4 (10%)	0
9 - Recursos materiales disponibles en la OM	10 (24%)	17 (41%)	7 (17%)	2 (5%)	4 (10%)	1 (2%)	0

Fuente: El autor.

Diferente de las cuestiones anteriores, las respuestas de los participantes sobre esos tres factores variaron bastante. En el factor tiempo, el promedio fue cuatro, correspondiendo a la respuesta “coincido parcialmente” e insuficiente para inferir la aceptación del concepto. La mayor parte de los participantes coincidió parcialmente (34%) o coincidió (27%) que se gasta poco tiempo para aplicar la taxonomía. Sin embargo, se debe registrar que una parte considerable respondió negativamente a esta pregunta. Así, en función de las respuestas, se puede considerar que, en algunos casos, el tiempo gasto en la etapa de clasificación sea un obstáculo para los OSV.

En relación al entrenamiento, hubo una distribución bastante semejante entre las respuestas positivas y negativas, con una disminución en los extremos de la escala (coincido plenamente y discrepo plenamente). Nuevamente el promedio fue cuatro (coincido parcialmente), evidenciando que el entrenamiento es considerado deseable por muchos participantes.

En la revisión documental de este trabajo no fue encontrada evidencia de la elaboración de un entrenamiento, por parte del CENIPA, destinado a los Enlaces SIPAER, para el uso de la taxonomía.

Finalmente, en términos de recursos materiales, se puede inferir que, en la mayoría de los casos, esos recursos están disponibles en las organizaciones, ya vez que el promedio fue cinco (coincido). Las respuestas más frecuentes fueron “coincido” (41%) y “coincido plenamente” (24%). El pequeño porcentaje de respuestas “coincido parcialmente” (17%) indica que la falta de recursos materiales para utilizar la taxonomía puede ser solo un problema puntual en algunas organizaciones.

4.5 Aspecto de solución de problemas

El último aspecto evaluado, presentado en la Tabla 3, investigó la capacidad de la taxonomía para ayudar en la solución de problemas, identificando los factores relacionados con la ocurrencia y ayudando en la elaboración de acciones de prevención.

Las respuestas fueron bastante positivas, con promedio cinco y mayor concentración en la opción “coincido” (61%) y “coincido plenamente” (20%), pudiendo deducir que los participantes creen que la clasificación contribuye para la identificación de peligros y elaboración de acciones de prevención.

Para profundizar el análisis en lo que se refiere a la capacidad de ayudar en la solución de problemas, se comparó cualitativamente esa taxonomía con la ASRS, una de las referencias en la aviación mundial. El Cuadro 1 presenta los grupos genéricos presentes en cada taxonomía, agrupados de forma de facilitar la comprensión.

Cuadro 1: Comparación entre taxonomías ASRS y RELPREV.

GRUPOS	ASRS	RELPREV
Organización	No	Si
Fecha, hora y lugar	Si	Si
Condiciones ambientales	Si	Si
Aeronave y personal (incluye etapa y plan de vuelo)	Si	Si
Tipo de evento	Si	Si
Aviación y misión	No	Si
Consecuencias	Si	Si
Evaluación del problema y factores contribuyentes	Si	No
Evaluación del riesgo	No	Si
Acciones de prevención	No	Si
Campos de texto	Ocurrencia	Ocurrencia y parecer
Total de descriptores	546	313

Fuente: El autor.

Analizando solo el número de descriptores, podría suponerse que la taxonomía ASRS es más completa. Sin embargo, se debe considerar que el público objetivo del ASRS incluye todos los tipos de aviación, de todas las nacionalidades que utilizan el espacio aéreo americano. Por otro lado, la taxonomía contenida en el Manual de Prevención del SIPAER (BRASIL, 2013b) fue desarrollada para ser utilizada únicamente por la FAB, resultando en un número menor de situaciones a ser clasificadas y, consecuentemente, menos descriptores.

Tabla 3: Solución de problemas.

Pregunta	Coincido plenamente	Coincido	Coincido parcialmente	Discrepo parcialmente	Discrepo	Discrepo plenamente	No sé
10 - Taxonomía ayuda a identificar y prevenir	8 (20%)	25 (61%)	5 (12%)	2 (5%)	1 (2%)	0	0

Fuente: El autor.

La comparación entre las taxonomías muestra también que ambas son estructuralmente bastante semejantes, pero el RELPREV posee varios grupos extras, posibilitando un registro más amplio de la situación de peligro reportada. Además, como la taxonomía del RELPREV posee un campo para registro del parecer del sector responsable y una lista de verificación para las acciones de prevención, ella facilita también la búsqueda de una solución para el problema reportado. Por lo tanto, esa comparación corrobora la opinión de los OSV, evidenciando la utilidad de la taxonomía en el aspecto de solución de los problemas.

De esta forma, sintetizando todos los datos presentados y analizados, se puede concluir que la perspectiva de los OSV sobre el uso de la taxonomía del RELPREV fue positiva para las actividades de prevención, ayudando en la identificación de los peligros y en la elaboración de acciones de prevención. Sin embargo, los obstáculos relacionados con el tiempo usado en la etapa de clasificación y el entrenamiento necesario para usar correctamente esta herramienta precisan ser adecuadamente administrados por el CENIPA, posibilitando la maximización de los beneficios de la taxonomía.

5 CONCLUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del Comando-General de Operaciones Aéreas, durante el período de enero a mayo de 2013.

Inicialmente se utilizó investigación bibliográfica para identificar los conceptos fundamentales relativos al RELPREV y su sistema de clasificación. También se identificaron las características, la estructura y los grupos genéricos de las taxonomías ASRS y RELPREV. Además, fueron presentados los criterios de evaluación de Fleishman y Quaintance (1984), así como los cuatro aspectos del criterio utilidad: la promoción de la comunicación, el número de usuarios, los recursos necesarios y la contribución de la taxonomía para la solución de problemas.

Posteriormente, se presentó la metodología usada en el estudio, incluyendo la elaboración de un cuestionario enviado a todos los Enlaces SIPAER de las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del COMGAR. Además, se seleccionó el criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance (1984) para evaluar la

taxonomía y fueron descritos los tratamientos estadísticos y las limitaciones del estudio.

Finalmente, se procedió a la presentación y análisis de los datos. La experiencia y el conocimiento técnico de los participantes fueron considerados adecuados, validando la contribución de los participantes para los fines de esta investigación.

Sobre el aspecto de la promoción de la información, se constató que el uso de la taxonomía facilita el flujo de informaciones entre los Enlaces SIPAER, alcanzando uno de los objetivos para los cuales esta herramienta fue desarrollada y resultando en un impacto positivo en las actividades de Seguridad de Vuelo.

Continuando la investigación, se evaluó la influencia del número de participantes en la utilidad de la taxonomía. Los resultados presentaron evidenciaron que la opción por una única taxonomía de RELPREV para todas las organizaciones de la FAB fue acertada, resultando en informaciones más significativas y mejores acciones de prevención.

En último aspecto evaluado, fue la influencia del uso de la taxonomía presentaron algunos obstáculos. En relación al entrenamiento, algunos participantes consideraron necesario un entrenamiento específico para usar la herramienta. Ese aspecto es importante ya que la clasificación incorrecta puede generar acciones de prevención ineficientes. Otro obstáculo está relacionado con el tiempo necesario para clasificar las situaciones de peligro, lo que puede perjudicar otras actividades de Seguridad de Vuelo. Finalmente, en términos de recursos materiales, se consideró que los problemas señalados fueron puntuales, no habiendo un obstáculo general en las Unidades Aéreas y Bases Aéreas del COMGAR.

El último aspecto evaluado fue la influencia del uso de la taxonomía en la solución de problemas. La percepción positiva de los OSV en esa pregunta fue confirmada por la comparación cualitativa entre el ASRS y el RELPREV, constatándose que el uso de la herramienta, con sus listas de grupos y descriptores, ayuda en la identificación de los peligros y en el desarrollo de acciones de prevención.

Por lo tanto, después del análisis de todos los aspectos del criterio de utilidad de Fleishman y Quaintance (1984) se puede concluir que fue positiva la percepción de los OSV sobre el uso de la taxonomía de RELPREV en las actividades de Seguridad de Vuelo desarrolladas por los Enlaces SIPAER.

Como principal contribución de este estudio, se puede destacar la comprobación de que la taxonomía

del RELPREV tiene gran potencial para mejorar la prevención de accidentes en la FAB, especialmente por direccionar las acciones de prevención a través de un enfoque basado en datos, según previsto en el SMS. Sin embargo, el CENIPA y otros Enlos SIPAER deben estar atentos a los obstáculos evidenciados en esta investigación, facilitando un entrenamiento oportuno y administrando adecuadamente el tiempo usado en la etapa de clasificación de peligros.

Finalmente, se debe resaltar que la presente investigación no agota el asunto. Teniendo en vista que la taxonomía del RELPREV comenzó a ser utilizada recientemente, lo que fue considerado una limitación en este estudio, otros obstáculos pueden surgir con el paso del tiempo. Así, se sugiere que se hagan nuevas evaluaciones en el futuro, cuando la taxonomía esté consolidada como una importante herramienta del SIPAER, de forma de asegurar la continuidad de los beneficios destacados en esta investigación.

REFERENCIAS

BRASIL. Decreto nº 87.249, de 07 de junho de 1982. Dispõe sobre o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 jun. 1982. Seção 1, p. 10473.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Portaria EMAER nº 08/CEN, de 21 de janeiro de 2009. Aprova a modificação da NSCA 3-2, que dispõe sobre a Estrutura e Atribuições dos Elementos Constitutivos do SIPAER (NSCA 3-2). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 32, f. 867, 17 fev. 2009.

_____. Portaria nº 2231/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-3, que dispõe sobre a Gestão de Segurança de Voo na Aviação Brasileira (NSCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 248, f. 12147, 30 dez. 2013, 2013a.

_____. Portaria CENIPA nº 1/DAM, de 03 de dezembro de 2012. Aprova a edição do MCA 3-3, que dispõe sobre o Manual de Prevenção (MCA 3-3). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 72, f. 2796, 16 abr. 2013b.

COCHRAN, W. **Técnicas de amostragem**. Rio de Janeiro: Aliança para o Progresso, 1965.

FLEISHMAN, E. A.; QUAINANCE, M. K. **Taxonomies of human performance: the description of human tasks**. Orlando: Academic Press, 1984.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9859 SMM: safety management manual**. Montreal: ICAO, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System program briefing**. 2011. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/ASRS_ProgramBriefing2011.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Aviation Safety Reporting System database fields**. 2013. Disponível em: <http://asrs.arc.nasa.gov/docs/dbol/ASRS_Database_Fields.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2013.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. **Safety Management System in aviation**. Burlington: Ashgate, 2008.

WELLS, A. T.; RODRIGUES, C. C. **Commercial aviation safety**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

WOOD, R. H. **Aviation safety programs: a management handbook**. 3. ed. Englewood: Jeppesen Sanderson, 2003.

Análise de maturidade da institucionalização dos acordos de compensação no Comando da Aeronáutica

Maturity analysis of the institutionalization of offset agreements in the Air Force Command

Análisis de la madurez de la institucionalización de los acuerdos de compensación en el Comando de la Fuerza Aérea

Ten Cel Int Diógenes Lima Neto, Mestre
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica - SEFA
Brasília/DF - Brasil
diogeneslima@hotmail.com

RESUMO

Considerando-se a crescente competitividade global, as nações sempre buscam alternativas para alavancar seu desenvolvimento. Nesse sentido, os acordos de compensação têm sido utilizados, historicamente, como uma ferramenta para alcançar esse objetivo. No Brasil, em particular no Comando da Aeronáutica (COMAER), âmbito desta pesquisa, tais acordos vêm sendo implementados deste a década de 1950. Todavia, com a criação do Ministério da Defesa, em 1999, e a edição da Portaria Normativa nº 764/MD, de 2002, a qual rege o tema, uma nova institucionalização desse processo ocorreu. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi analisar a maturidade da institucionalização do processo de acordos de compensação no COMAER. Nesse sentido, elaborou-se um questionário, com 40 questões, a partir do modelo preconizado pelo *Business Process Maturity Model* (BPMM), por sua abrangência. Os respondentes foram Oficiais do COMAER que atuaram sobre aquele tipo de acordo, no período 2008-2012. Após uma análise de viés dos resultados, apurou-se que apenas três, das cinco dimensões analisadas, apresentaram vieses positivos de maturidade. Desta forma, de acordo com esses resultados, é razoável concluir que a institucionalização em questão ainda não está suficientemente madura no COMAER.

Palavras-chave: Institucionalização de processos. Maturidade de processos. Acordos de compensação. Licitações internacionais.

Recebido / Received / Recibido
27/04/14

Aceito / Accepted / Aceptado
27/05/14

ABSTRACT

Considering the growing global competitiveness, nations always search for ways of leveraging their development. In this sense, offset agreements have been used, historically, as a tool for reaching that goal. In Brazil, particularly at the Air Force Command (COMAER), the scope of this research, such agreements have been implemented since the 1950s. Nevertheless, with the establishment of the Ministry of Defense, in 1999, and the release of the Ministerial Order No 764/MD, in 2002, which rules this subject, a new institutionalization of that process occurred. Thus, the purpose of this study was to analyze the maturity of such institutionalization at COMAER. In order to do so, a questionnaire, with 40 questions, was built using the Business Process Maturity Model framework (BPMM), because of its wide scope. Respondents were COMAER officers who have worked with this kind of agreement in the period 2008-2012. After a bias analysis from the results, it was noticed that only three dimensions, from the five considered, have shown a positive bias. Thus, considering these results, it's reasonable to come to the conclusion that such institutionalization isn't mature enough at COMAER.

Keywords: Institutionalization of processes. Matureness of processes. Compensation agreements. International bids.

RESUMEN

Teniendo en cuenta la creciente competitividad global, las naciones siempre buscan alternativas para elevar su desarrollo. En consecuencia, los acuerdos de compensación se han utilizado históricamente como una herramienta para eso. En Brasil, en particular en el Comando de la Fuerza Aérea (COMAER), el dominio de esta investigación, tales acuerdos se han aplicado desde la década de 1950. Sin embargo, con la creación del Ministerio de Defensa, en 1999, y la promulgación de la Ordenanza N° 764/MD, de 2002, que regula el tema, una nueva institucionalización de este proceso ocurrió. Así que el objetivo de esta investigación fue analizar la madurez de la institucionalización del proceso de los acuerdos de compensación en el COMAER. Para ello, se preparó un cuestionario con 40 preguntas del modelo propugnado por el Modelo de Madurez de Procesos de Negocio (BPMM), por su amplitud. Los encuestados fueron oficiales del COMAER que trabajaron en este tipo de acuerdos, en el período 2008-2012. Después de un análisis de los resultados, se encontró que sólo tres de las cinco dimensiones analizadas mostraron rasgos positivos de la madurez. Por lo tanto, según estos resultados, es razonable concluir que la institucionalización en cuestión todavía no está lo suficientemente madura en el COMAER.

Palabras-clave: Procesos de institucionalización. Madurez del proceso. Acuerdos de compensación. Licitaciones internacionales.

1 INTRODUÇÃO

No contexto da competição comercial globalizada deste novo milênio, acirrada pelas graves e sucessivas crises financeiras recentes ao redor do mundo, muitos governos ainda buscam modelos e instrumentos a fim de alcançar um patamar de desenvolvimento robusto para suas nações.

Neste sentido, o uso do poder negocial inerente às compras governamentais, sobretudo quando em importações na área de defesa, tem sido uma destas estratégias, dada a dimensão dos valores usualmente envolvidos. Por outro lado, há que se observar que essas mesmas aquisições representam esforços e riscos substanciais para os países, seja do ponto de vista orçamentário, financeiro ou político, entre outros (LIMA NETO, 2012).

Uma forma de contornar tal sacrifício foi oferecer uma *mais valia* à nação compradora, ampliando o alcance dos benefícios naquelas importações e minimizando os eventuais impactos

negativos relacionados. Desta forma, os fornecedores estrangeiros passaram a oferecer, de forma vinculada ao contrato comercial de importação, um acordo de compensação (ou *offset agreement*) ao país comprador, tornando tais aquisições mais aceitáveis à sociedade. Não por acaso, essa abordagem tomou vulto a partir do término da II Guerra Mundial, quando se buscavam formas de recuperar e financiar a infraestrutura industrial e de defesa da Europa Ocidental e do Japão (MODESTI; AZEVEDO, 2004; JONES, 2002).

Por outro lado, para que este tipo de instrumento alcance benefícios sinérgicos com a indústria, há que existir uma política específica, que permita uma ação governamental coordenada e efetiva. No Brasil, no âmbito do Ministério da Defesa (MD), a Portaria Normativa n° 764/MD, de 2002, constitui-se no marco regulatório pertinente, e este estabelece uma política de acordos de compensação comum às Forças Armadas.

Todavia, tendo-se em conta que a referida portaria foi publicada três anos após a criação do Ministério da Defesa, é razoável argumentar que a mesma foi editada num momento em que aquele órgão ainda se encontrava em fase de amadurecimento institucional. Ademais, relativamente ao *locus*, é importante salientar que o citado marco atua somente sobre organizações militares, ou seja, instituições com culturas organizacionais antigas e rígidas, onde *hierarquia* e *disciplina* são palavras de ordem.

Deste modo, as iniciativas, até então, isoladas e normatizadas acerca desse assunto, tiveram de ceder a essa nova realidade. Em outras palavras, o advento de uma política comum sobre o tema provocou, nas três Forças, uma nova institucionalização dos procedimentos relacionados à implementação deste tipo de acordo (LIMA NETO, 2012).

No caso do Comando da Aeronáutica (COMAER) em particular, âmbito deste artigo, sabe-se que, decorrida mais de uma década da edição da citada portaria, diversos acordos de compensação já foram firmados, a ponto de aquele órgão ser considerado o de maior *expertise* nesse assunto (IVO, 2004).

No entanto, não existe nenhum estudo feito no sentido de se analisar como se encontra a maturidade da institucionalização daquele processo no COMAER, sendo este, portanto, o objetivo do presente estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de se entender a dinâmica e as implicações da institucionalização de um processo nas instituições, faz-se necessário compreendermos, antes, algumas abordagens da teoria institucional das organizações, sua relação com o conceito de maturidade de processos, bem como, ainda, conhecer o modelo BPMM (*Business Process Maturity Model*) de avaliação de maturidade de processos.

Por fim, cumpre apresentar o conceito de acordos de compensação e sua evolução no âmbito do COMAER.

2.1 Teoria institucional das organizações

Para que se possa avaliar a institucionalização dos procedimentos relacionados à implementação de acordos de compensação no Comando da

Aeronáutica, faz-se necessário compreender, antes, alguns aspectos importantes relacionados à teoria institucional das organizações, pois, como argumenta Zucker (1977 apud TOLBERT; ZUCKER, 1999), a institucionalização pode ser entendida tanto quanto um processo, quanto um estado qualitativo.

De todo modo, a começar pelo conceito de *instituição* em si, podemos nos socorrer da definição de North, o qual afirma que esta é:

[...] a forma como estruturamos a interação humana – política, social e econômica. As instituições constituem o quadro de incentivos de uma sociedade. São feitas de **regras formais** (constituições, leis e regras), **constrangimentos informais** (normas, convenções e códigos de conduta) e as características da sua aplicação. (NORTH, 2005 apud CUNHA; REGO; CABRAL-CARDOSO, 2007, p. 290, grifo nosso).

Do que se observa nesta conceituação, a mesma inclui aspectos estruturais (constituições, leis, regras, normas, códigos, etc.) e dinâmicos (interação humana e características da aplicação).

Selznick (1957), por sua vez, fazia uma distinção entre os conceitos de *organização* e *instituição*, pois entendia que o primeiro estaria voltado às atividades racionalmente elaboradas para o alcance de algum objetivo, enquanto o segundo teria mais um aspecto de resposta social natural a um problema. No entanto, o mesmo autor alertava que esses conceitos não eram excludentes, podendo, em realidade, ser uma mistura de ambos.

Por outro lado, conforme ensinam Cunha, Rego e Cabral-Cardoso (2007), existem ao menos três gerações do institucionalismo, a saber:

a) *velho*, em que se destacam questões como influência, poder, coligações, estruturas informais e valores concorrentes;

b) *novo*, onde aspectos como legitimidade, campos organizacionais, rotinas, roteiros e esquemas são enfatizados; e

c) *neo*, que procura sintetizar as duas abordagens anteriores e ir além, tratando de temas como sistemas de significados, sistemas simbólicos, processos de regulação e sistemas de governação.

Goodman, Bazerman e Conlon (1980), por seu turno, a partir de seus estudos sobre a institucionalização de mudanças organizacionais planejadas, trouxeram à tona o conceito de *ato*

institucionalizado, entendendo este como um “comportamento que persiste ao longo do tempo, é realizado por dois ou mais indivíduos em resposta a estímulos comuns, e existe como um fato social” (GOODMAN; BAZERMAN; CONLON, 1980, p. 218).

Assim, pelo que se pode notar, um ato institucionalizado precisa apresentar três aspectos fundamentais:

a) *persistência*, ou seja, não pode se tratar de um casuísmo, havendo, pois, que perdurar ao longo do tempo;

b) *execução por muitos*, valendo dizer que não pode se tratar de um ato individual e isolado. Por conseguinte, questões de aprendizado, divulgação e transmissão, entre outras, são relevantes; e

c) *existência como fato social*, o que significa que o ato em questão deve ser entendido, por aquele grupo social, como a maneira correta de se proceder.

De outro modo, Zucker (1987), ao analisar as teorias institucionais da organização e ao discorrer sobre esta enquanto instituição, argumentou que é comum surgirem processos que são institucionalizados a partir de dentro da própria organização ou, ainda, a partir da imitação de outras organizações congêneres. Assim, Zucker, sobre estas questões, afirma que:

[...] atos e estruturas inseridas em organizações (onde as 'rotinas' e os papéis estão altamente formalizados e têm continuidade ao longo do tempo) são mais prontamente institucionalizadas do que aquelas inseridas em estruturas de coordenação social informais alternativas [...]. Elementos já institucionalizados podem 'contaminar' outros elementos, num processo de **contágio de legitimidade**. (ZUCKER, 1987, p.446, grifo nosso).

Note-se que a legitimidade de um processo institucionalizado é um fator muito importante para as organizações, sobretudo públicas, dada a legalmente limitada discricionariedade de seus administradores. Este aspecto acaba por contribuir para que tais organizações optem por mimetizar estruturas e procedimentos umas das outras. De fato, segundo Kostova e Roth (2002, p. 215), “[...] as organizações que compartilham o mesmo ambiente irão empregar práticas similares e desta forma se tornam ‘isomórficas’ umas com as outras”.

Neste sentido, segundo DiMaggio e Powell (1983 apud KOSTOVA; ROTH, 2002) e Cunha, Rego e Cabral-Cardoso (2007), os processos que conduzem ao isomorfismo podem ser classificados em três categorias, quanto à motivação:

a) *Isomorfismo coercitivo*, fruto da “influência política legítima, sendo exercido formal ou informalmente por umas organizações sobre outras que dela dependem”. Exemplo: ação das agências e órgãos reguladores do Estado.

b) *Isomorfismo mimético*, resultante das “respostas estandardizadas das organizações à incerteza”. Trata-se, efetivamente, de copiar comportamentos de sucesso de outras organizações.

c) *Isomorfismo normativo*, usualmente fruto das “pressões de profissionalização”. Segundo os mesmos autores, as duas principais fontes deste tipo de isomorfismo seriam: (1) a socialização profissional operada nas universidades e nas associações profissionais da especialidade; (2) a importância das redes de profissionais na difusão de modelos de actuação (sic) posteriormente definidos pelas organizações. Encaixa-se neste caso, por exemplo, a Ordem dos Advogados do Brasil.

Todas as percepções dos autores supracitados são contributos importantes para a compreensão do estudo em causa e, indubitavelmente, apontam as diversas forças e atores relevantes numa análise deste conceito no contexto de acordos de compensações no COMAER. Adicionalmente, constata-se a visão da institucionalização como mais um dos diversos processos inerentes às organizações, independentemente de estas serem de natureza civil ou militar.

2.2 Institucionalização no contexto de maturidade de processos

Tem-se observado, recentemente, um crescimento notável da importância dos processos organizacionais, incluindo-se os de institucionalização. Conforme argumentam Lockamy III e McCormack (2004), tal crescimento decorre do fato de que, atualmente, as organizações são desafiadas a enfrentar níveis cada vez maiores de competição global, com reflexos nos tempos de resposta aceitáveis e na redução dos ciclos de vida de produtos e serviços.

Por conseguinte, tornou-se relevante não apenas o produto final que se oferece (bem ou serviço), mas, também, o *modus operandi* (modo de operação) que permite às organizações alcançarem altos níveis de competitividade. Por esta razão, tais conjuntos de procedimentos organizacionais passaram a ser considerados *ativos estratégicos*, particularmente

quando altamente integrados (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2004).

Este entendimento levou as organizações a dedicar, àqueles processos, investimentos e desenvolvimentos contínuos (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2004), a fim de se alcançar maturidade em nível institucional, garantindo a obtenção de resultados melhores. Assim, emergiu, também, a necessidade de se buscarem formas de dimensionar e avaliar tal maturidade, o que fez surgirem diversas abordagens para viabilizar esta tarefa. Efetivamente, conforme atesta Rohloff.

a noção de maturidade tem sido proposta [...] para avaliar a situação das organizações em termos de implementação de um programa específico ou da qualidade de um processo. (ROHLOFF, 2010, p. 384).

De fato, diversas áreas já possuem esta abordagem em seu arcabouço teórico, como, por exemplo, a de Gestão da Qualidade, com o *Quality Management Maturity Grid* (CROSBY, 1979), e a de Análise de Sistemas, com o *Capability Maturity Model – CMM* (Paulk *et al.*, 1993), sucedido pelo *Capability Maturity Model Integration – CMMI* (ROHLOFF, 2010).

A área de processos de negócios, relacionada ao objetivo deste trabalho, possui um modelo próprio para esse tipo de avaliação, qual seja, o *Business Process Maturity Model - BPMM*, do *Object Management Group – OMG*. Este, também partindo do princípio de que processos são ativos estratégicos (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2004), define *maturidade de processos* como a medida do quanto estes estão explicitamente definidos, gerenciados, medidos, controlados e efetivos (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008).

Outro ponto relevante em relação à especificação BPMM é que esta contextualiza e harmoniza os conceitos de institucionalização e de maturidade de processos, pois afirma que o primeiro “é um aspecto crítico da implementação de qualquer processo” (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008, p. 72). Desta forma, segundo o BPMM (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008, p. 95), a institucionalização de um processo deve incluir:

a) A execução de um conjunto definido de *práticas de institucionalização* daquele processo, as quais envolvem: i) descrever o processo; ii) planejar o trabalho; iii) prover conhecimentos e habilidades; iv) controlar desempenho e resultados; e v) assegurar conformidade; e

b) A execução consistente daquele mesmo processo, de tal forma que este seja *persistente e reconhecido* como a forma como o trabalho deve ser feito.

Ao que se nota, as quatro primeiras práticas da letra “a”, acima, são coerentes, por sua vez, com o “novo institucionalismo” definido em Cunha, Rego e Cabral-Cardoso (2007), pois lidam com questões relacionadas à legitimidade, às rotinas e aos roteiros. Para além disso, ao referir-se à persistência e ao reconhecimento como a forma como o trabalho deve ser feito (fato social), evidencia-se um alinhamento à percepção de Goodman, Bazerman e Conlon (1980), anteriormente discutida.

Por fim, nota-se que a última prática de institucionalização apresentada pela especificação do BPMM, “assegurar conformidade”, nos remete à geração mais recente do institucionalismo, apresentada por Cunha, Rego e Cabral-Cardoso (2007) e nomeada de “neo”, em que aspectos de regulação e governação estão incluídos.

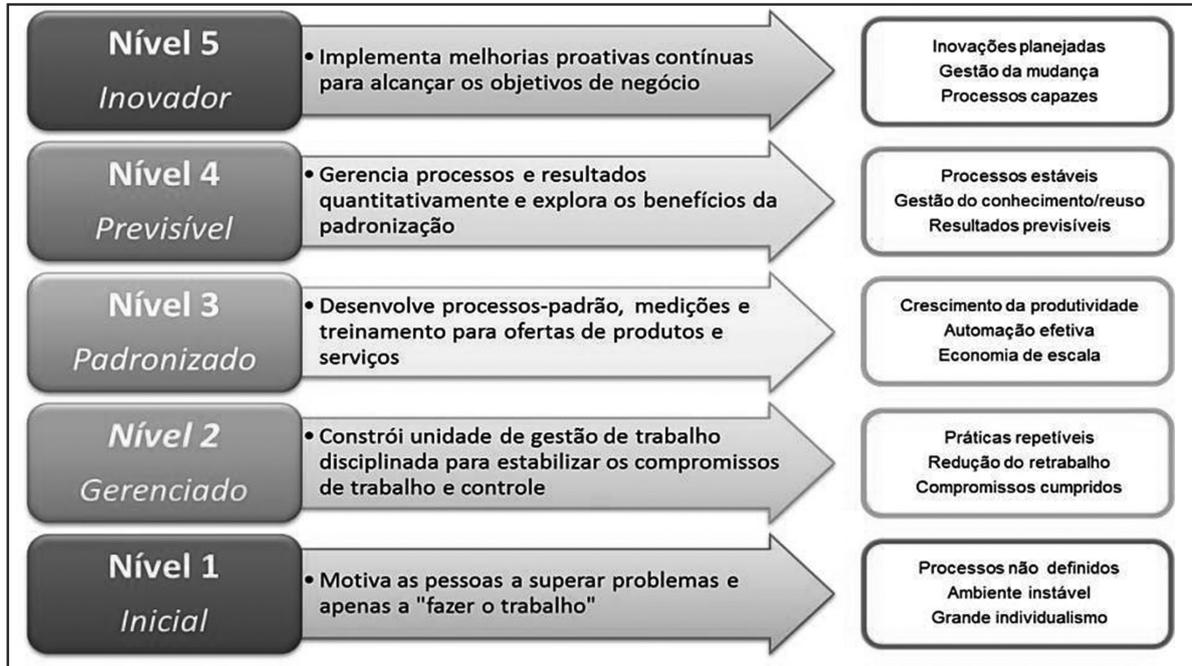
Desse modo, ao que se percebe, o BPMM é um modelo bastante abrangente no que diz respeito ao conceito em foco neste tópico, pois engloba as três gerações do institucionalismo, constituindo-se, assim, num ferramental adequado à avaliação do grau de institucionalização de um processo dentro de uma organização.

2.3 A maturidade da institucionalização de processos no BPMM

A especificação BPMM define o processo de maturidade como um caminho de melhoria evolucionária, o qual orienta a organização na transição para um ambiente de procedimentos maduros e disciplinados (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008). Quanto à aplicabilidade dessa especificação, a mesma afirma que “equipes de avaliação utilizam o BPMM para caracterizar a maturidade dos processos existentes numa organização e identificar seus pontos fortes e fracos” (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008, p. 66).

Em termos de estruturação da norma, o BPMM define 5 (cinco) níveis de maturidade, os quais contêm as seguintes características, conforme Figura 1 que segue:

Figura 1: Os níveis de maturidade do BPMM.



Fonte: Business Process Maturity Model (2008, p.73, grifo nosso).

Do que se observa, os níveis de maturidade do BPMM vão de 1 a 5. No nível 1, o de menor maturidade, as atividades são executadas quase que exclusivamente por força da iniciativa de seus colaboradores. Por outro lado, no nível 5, de maturidade máxima, até mesmo as forças de inovação já estão formalmente inseridas no contexto da organização, bem como já se possui uma abordagem definida quanto à gestão de mudanças.

Em termos de modelo de análise do nível de maturidade da institucionalização de um processo, o BPMM define 5 (cinco) *práticas de institucionalização* que devem estar presentes num processo organizacional qualquer e que, por conseguinte, podem ser avaliadas:

1. Descrever o processo;
2. Planejar do trabalho;
3. Prover conhecimentos e habilidades;
4. Controlar desempenhos e resultados; e
5. Assegurar conformidade.

Ainda segundo a especificação em tela, essas práticas de institucionalização envolvem e influenciam as diversas áreas da organização que lidam com aquele processo, atuando diretamente sobre sua implementação. Neste sentido, cada prática tem um determinado objetivo, conforme descrito no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1: As práticas de institucionalização e seus objetivos, segundo o BPMM.

Práticas de Institucionalização	Objetivo
Descrever o processo	Garantir que as pessoas que realizam o trabalho, bem como outros <i>stakeholders</i> , saibam como este deve ser feito, de forma que o processo seja executado de modo consistente por toda a organização.
Planejar o trabalho	Garantir que existam planos razoáveis para a realização do trabalho, de modo que as pessoas envolvidas e afetadas saibam qual o trabalho que deve ser executado, bem como disponham de tempo e recursos necessários.
Prover conhecimentos e habilidades	Garantir que as pessoas envolvidas no processo possuam os conhecimentos e as habilidades necessários ao cumprimento de seus papéis no mesmo.
Controlar desempenho e resultados	Garantir que a Administração tenha uma adequada visibilidade do trabalho executado e que, quando possíveis e apropriadas, ações corretivas sejam tomadas para cumprir os planos e se obter os resultados pretendidos.
Assegurar conformidade	Prover a Administração de uma garantia credível de que o processo está implementado conforme o planejado, bem como que este e seus resultados estão em conformidade com as leis, regulamentos, especificações, políticas organizacionais, regras de negócio, descrições de processos e procedimentos de trabalho.

Fonte: Business Process Maturity Model (2008, p.96, grifo nosso).

Desta forma, pelo que se depreende do BPMM, a maturidade da institucionalização de um processo, numa organização, depende de as citadas práticas estarem alcançando, adequadamente, os objetivos delineados no Quadro 1.

2.4 Acordos de compensação

Outro conceito central para os fins deste estudo é aquele relativo a acordos de compensação, também chamados *Offset Agreements*, em língua inglesa. Para uma compreensão mais holística, é mister que sejam apresentadas as conceituações utilizadas pelos principais atores do comércio internacional.

Neste sentido, pode-se partir do entendimento da Organização Mundial do Comércio (OMC) sobre o tema, manifestado no Acordo sobre Compras Governamentais, o qual traz a seguinte definição para o termo *Offsets*:

Offsets em compras governamentais são medidas utilizadas para encorajar o desenvolvimento local ou melhorar as contas do balanço de pagamentos por meio de conteúdo doméstico, licenciamento de tecnologia, requerimentos de investimentos, contracomércio ou requisitos similares. (WTO, 1994, p. 23, tradução nossa, grifo nosso).

Pelo que se observa, a OMC conceitua *Offsets* como exigências feitas por ocasião de compras governamentais, ou seja, não adstritas ao universo das aquisições de defesa.

Para além deste ponto de vista, é importante que se tenha, também, a percepção oriunda de um foro mais universalizado, nomeadamente daquele preconizado pela Organização das Nações Unidas - ONU. Nesse sentido, a *United Nations Commission on International Trade Law* – UNCITRAL, emitiu, em 1992, um guia sob o título “*Legal Guide on International Countertrade Transactions*” (UNCITRAL, 1992). Assim, aquele documento relaciona os acordos de compensação à importação de bens e/ou serviços de alto valor financeiro ou tecnológico, e pode envolver transferência de tecnologia, de *know-how* ou, ainda, investimentos e facilitação de acesso a outros mercados. Outro detalhe relevante é que tais não se restringem apenas ao âmbito da área de defesa, nem apenas a compensações de natureza industrial (UNCITRAL, 1992, p.8-9).

2.5 Acordos de compensação no COMAER

Apesar de as definições internacionais serem de fundamental importância, no Brasil o tema é regido pelos ditames da Portaria Normativa nº 764/MD, de 27 de dezembro de 2002, emitida pelo Ministério da Defesa, em que são aprovadas a política e as diretrizes de compensação comercial, industrial e tecnológica.

Assim, a citada Portaria apresenta, em seu Anexo II, as seguintes conceituações sobre o termo em pauta:

Compensação (Offset): É toda e qualquer prática compensatória acordada entre as partes, como condição para a importação de bens, serviços e tecnologia, com a intenção de gerar benefícios de natureza industrial, tecnológica e comercial.

Acordo de Compensação: É o instrumento legal que formaliza o compromisso e as obrigações do fornecedor estrangeiro para compensar as importações realizadas pelas Forças Armadas. Este acordo pode ser implementado mediante a inserção de uma cláusula de compensação em um contrato de aquisição, um contrato específico correlacionado com a compra, ou um acordo de cooperação industrial e tecnológica. (BRASIL, 2002, grifo nosso).

Do que se nota, a definição legal brasileira para o termo *Compensação (Offset)* aproxima-se mais daquelas preconizadas por organismos multilaterais internacionais, como OMC e UNCITRAL, conforme apresentados, pois engloba benefícios não apenas industriais, mas também tecnológicos e comerciais.

Por outro lado, percebe-se que a definição legal brasileira para o conceito de *Acordo de Compensação* também nos remete a um instrumento contratual, de caráter compensatório, vinculado a um contrato prévio de aquisição na área de defesa.

Por fim, ressalte-se que, para efeitos deste artigo, as conceituações sobre os termos *Compensação* e *Acordo de Compensação*, quando utilizados, serão sempre conforme definidos no contexto legal brasileiro.

3 METODOLOGIA

O modelo de análise utilizado no presente estudo segue a estrutura dialética proposta por Quivy e Campenhoudt (1995) para investigações na área de Ciências Sociais, a qual associa um ou mais conceitos centrais às suas dimensões correlatas e, cada uma destas, por sua vez, a um conjunto de indicadores específicos.

Também é importante ressaltar que este estudo circunscreveu-se ao universo do Comando da Aeronáutica (COMAER), conforme já antecipado. O período de análise considerado restringiu-se entre 2008 e 2012, inclusivamente.

Assim sendo, o levantamento das informações para a análise objetivada obedeceu à seguinte metodologia:

- Definiu-se o conceito central da pesquisa, qual seja, a institucionalização de processos, no caso, os de acordos de compensação, nos termos da discussão apresentada anteriormente;
- Escolheu-se o Business Process Maturity Model (2008), pelas razões já apresentadas, como o modelo de análise e avaliação da maturidade daquela institucionalização;
- Para cada uma das cinco práticas de institucionalização definidas pelo Business Process Maturity Model (2008), estabeleceu-se a respectiva dimensão de análise.
- Para cada dimensão, foi definido um conjunto de perguntas correlatas, sempre em conformidade com a especificação do Business Process Maturity Model (2008), perfazendo um total de 40 (quarenta) questões elaboradas na forma Likert, com graus de 1 a 5, sendo um para “discordo totalmente”, dois para “discordo”, três para “neutro/indiferente”, quatro para “concordo” e cinco para “concordo totalmente”.
- O método de seleção da amostragem dos entrevistados foi do tipo intencional, pois que

a escolha dos elementos a constituírem a amostra baseia-se na opinião de uma ou mais pessoas que são fortemente conhecedoras das características da população em estudo. (REIS, MELO, et al., 2001, p.40).

Desta forma, a pesquisa apoiou-se na experiência de profissionais que atuaram, direta ou indiretamente, em atividades de gestão de Acordo de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica (doravante chamados ACCIT), em nome do COMAER.

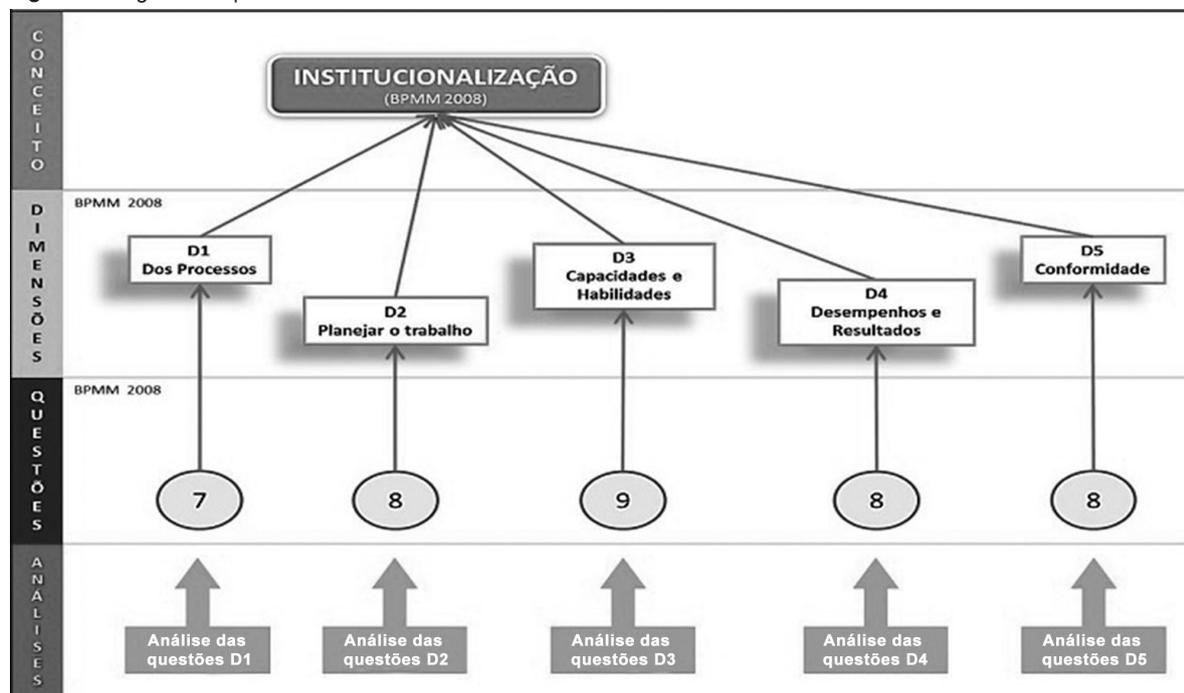
- Foi realizado um pré-teste entre 1 e 17 Fev. 2012, enviado a 16 (dezesseis) pessoas, das quais 7

(sete) responderam, dando uma taxa de resposta da ordem de 43,75%. Ajustes foram feitos, habilitando o questionário ao envio definitivo para a pesquisa.

- O questionário foi disponibilizado por meio de formulário elaborado na ferramenta *Google Docs*®.
- O período da pesquisa, desde a primeira solicitação de preenchimento até a última resposta obtida, foi de 27 Fev. 2012 a 31 Mar. 2012.
- Foram enviadas solicitações de preenchimento do questionário a 73 (setenta e três) Oficiais do COMAER, entre as patentes de capitão e coronel, inclusivamente.
- Os Oficiais aos quais foram enviadas as solicitações de preenchimento estavam alocados, naquele momento, nas seguintes organizações militares e civis: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE-PR), Secretaria de Produtos de Defesa do Ministério da Defesa (SEPROD-MD), Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER), Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica (SEFA), Comando-Geral de Pessoal (COMGEP), Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate (COPAC), Comissão Aeronáutica Brasileira em Londres (CAB-E), Depósito de Aeronáutica no Rio de Janeiro (DARJ), Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica (ECEMAR), Escola Superior de Guerra (ESG), Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), Instituto de Estudos Avançados (IEAv), Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI) e Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA).
- Uma vez que retornaram 38 (trinta e oito) questionários respondidos, dos 73 (setenta e três) enviados, tem-se que a taxa de resposta alcançada foi de 52,1%.

O diagrama apresentado na Figura 2, a seguir, resume a estrutura de pesquisa utilizada, conforme aqui explanado.

Figura 2: Diagrama esquemático do modelo de análise utilizado.



Fonte: Adaptado de Quilvy e Campenhoudt (1995).

Tendo-se tal estrutura como base para a operacionalização e medição do conceito central, foi possível, então, quantificar os resultados obtidos em cada uma das cinco dimensões estabelecidas.

Para tanto, procedeu-se a uma *análise de viés* efetuada da seguinte forma, considerando-se a distribuição percentual das respostas fornecidas: a) abstraíram-se todas as respostas neutras (grau 3) obtidas e seus percentuais relativos; b) somaram-se os percentuais relativos aos graus 4 e 5 de cada questão, vindo o montante a compor o *viés positivo* (VP) daquela questão; c) de forma similar, somaram-se os percentuais obtidos para os graus 1 e 2 de cada questão, este constituindo-se no seu *viés negativo* (VN); e d) subtraiu-se o viés negativo do viés positivo (VP-VN) de cada questão, obtendo-se o *viés resultante da questão* (VRQ).

Ao se somar todos os VRQ, em cada dimensão, e se dividir esse somatório pelo número de questões na forma Likert naquela mesma dimensão, obteve-se o *viés médio da dimensão* (VMD). Desta forma, ao se conhecer o VMD de cada dimensão, foi possível se obter um vislumbre da maturidade da institucionalização do processo em tela, com seus pontos fortes e fracos evidenciados, alcançando-se, assim, o objetivo desse estudo.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Primeiramente, na dimensão “Dos Processos”, notou-se a não concordância dos inqueridos quanto

à atual forma de escolha e designação de gerentes de ACCIT, fato este que, associado ao pouco tempo de experiência das equipes envolvidas no processo, pode vir a provocar crises de autoridade, por um lado, e de confiança, por outro. De todo modo, são características que atentam contra a internalização da prática, conforme entendida por Kostova e Roth (2002), apesar de a dimensão, como um todo, ter apresentado um ligeiro viés médio de 9%.

Outro aspecto marcante levantado pelo presente estudo, foi o fato de a maioria dos respondentes ter revelado uma percepção acentuadamente negativa relativamente às questões da dimensão “Planejamento”. Assim, mostraram-se sintomáticas as indicações de ausência de um sistema corporativo e informatizado que auxilie na gestão dos diversos ACCIT do COMAER, bem como a falta de coordenação entre os diversos gestores daquele tipo de acordo, e destes com os canais de comunicação institucionais, para fins de divulgação de resultados à sociedade.

No entanto, ainda naquela dimensão, nenhum sintoma parece mais grave do que a relatada falta de conformidade entre o planejamento orçamentário das OM e as necessidades de suas equipes gestoras de ACCIT e, para, além disso, a não-disponibilização efetiva dos recursos por parte do governo, conforme necessários.

Nota-se, em resumo, nesta dimensão, que duas componentes de contato externo estão falhando: uma de caráter de entrada (recursos do governo) e outra de saída (informação dos resultados alcançados à sociedade). Sabendo-se desse contexto, e retornando-se ao modelo BPMM para avaliação de maturidade, vê-se que não é possível afirmar que a dimensão relativa ao planejamento tenha alcançado o Nível 4 – Previsível, posto que, sem planejamento, não há que se falar em previsibilidade. Não por acaso, essa dimensão apresentou um viés médio abaixo de - 32%.

No que tange à dimensão “Capacidades e habilidades”, verifica-se que os inqueridos percebem a importância das atividades relacionadas a este aspecto, mas ressentem-se do número de cursos oferecidos internamente, de modo que evidencia-se uma demanda reprimida. Este contexto agrava-se quando se observa que a maioria dos respondentes informa que suas equipes não tiveram acesso a outras alternativas como *coaching* ou curso/treinamento em instituição privada, as quais minimizariam o impacto daquela carência. Desta forma, nota-se que esta dimensão da institucionalização, apesar de apresentar um viés médio superior a 25%, ainda possui aspectos a serem melhorados.

Outra dimensão de institucionalização prevista no BPMM, e avaliada pelo questionário, foi a relacionada a desempenhos e resultados. Neste sentido, ao se defrontar os inqueridos com aspectos de agilidade e/ou melhoria no processo, que se traduzem em bons

desempenhos e controle dos resultados, observou-se uma ambiguidade. Foram bem avaliadas, por exemplo, as questões relativas à obtenção de informações sobre cláusulas do ACCIT (VRQ de 42%) e à íntegra de seus termos aditivos (VRQ de 36,8%). Por outro lado, parece haver restrições fortes em pontos específicos como: informações sobre resultados alcançados pela implementação dos ACCIT (VRQ de -39,5%); forma atual de difusão de lições aprendidas (VRQ de -34,2%), bem como o registro do desempenho dos negociadores deste tipo de acordo (VRQ de -23,7%). Diante disso, o viés final dos respondentes a tal dimensão (VMD) foi ligeiramente negativo, da ordem de -1,3%.

Por fim, a última dimensão de institucionalização avaliada dizia respeito a aspectos de conformidade legal e normativa. Esta apresentou um viés final (VMD) fortemente positivo, superior a 18%, com especial destaque para as percepções acerca da contribuição da análise da conformidade legal da minuta do ACCIT, bem como da importância do Assessor Jurídico na fase de negociação daquele instrumento, as quais denotam boa internalização. Todavia, as respostas obtidas também indicam que nem sempre se teve aquele profissional à disposição, durante as negociações. Ademais, outra ressalva muito importante ficou evidente em relação ao ajustamento das normas de auditoria, no que tange às atividades de gestão dos ACCIT, denotando uma falha grave nesse sentido. O Quadro 2, a seguir, resume os resultados e a análise ora demonstrada.

Quadro 2: Resumo dos resultados obtidos na pesquisa (VMD), por dimensão considerada

		Destques positivos	Destques negativos
D1 – DO PROCESSO	9%	. Conhecimentos da rotina de aprovação de ACCIT	. Parâmetros para designação de gestor de ACCIT
D2 - PLANEJAR	-32-3%	. Qualidade dos “templates” . Apoio de consultores	. Ausência de sistema corporativo para ACCIT . Reuniões entre gestores de ACCIT (coord.) . Coord. com Comunicação Social . Planejamento orçamentário
D3 - CONHECIMENTOS	25,9%	. Participação em conferências, cursos em instituições privadas ou “coaching”	. Nº de cursos/treinamentos em gestão de ACCIT
D4 - DESEMPENHO	-1,3%	. Facilidade de informações sobre: créditos reconhecidos, cláusulas, TA, rotinas de TA	. Dificuldade em informações sobre: créditos reconhecer, resultados alcançados, lições aprendidas, registro desempenho negociadores
D5 - CONFORMIDADE	18,4%	. Verificação conformidade . Importância Assessor Jurídico . Pareceres reconhecimento de créditos . Revisão PAG	. Constância da presença de Ass. Jurídico . Adequação das atividades de auditoria da FAB e da OM

Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

Como se viu na introdução deste trabalho, existem razões de cunho desenvolvimentista para os governos utilizarem a prática de acordos de compensação vinculados às suas importações na área de Defesa. Com o Brasil não é diferente e, conforme relatam Modesti e Azevedo (2004), há mais de meio século o Comando da Aeronáutica (COMAER) vem realizando operações dessa natureza.

Todavia, conforme apresentado, para que qualquer processo seja internalizado numa organização, ele precisa passar por um processo de institucionalização, ou seja, apresentar características de persistência, ser praticado por muitos e constituir-se num fato social (GOODMAN; BAZERMAN; CONLON, 1980). Ao se alcançar tal situação, sua operacionalização fica facilitada, oferecendo, assim, resultados mais robustos e menos episódicos.

Neste sentido, mostrou-se que há aspectos que funcionam como indutores à institucionalização, como a busca de legitimidade (CUNHA; REGO; CABRAL-CARDOSO, 2007), as formas coercitiva e mimética de isomorfismo (DIMAGGIO; POWEL, 1983 apud KOSTOVA; ROTH, 2002) e a recente tendência de tratar os próprios processos organizacionais como ativos estratégicos (LOCKAMY III; MCCORMACK, 2004).

No contexto brasileiro, apesar de acordos de compensação serem firmados há bastante tempo, o fato é que, com o advento da criação do Ministério da Defesa, em 1999, e a subsequente edição da Portaria Normativa nº 764/MD, em 2002, a qual rege o tema desde então, estes passaram por um novo processo de institucionalização. Todavia, nenhum estudo tinha sido feito, até o presente momento, para se analisar a maturidade que esta alcançou nas Forças Armadas, em geral, e no COMAER, em particular, âmbito e objetivo deste estudo.

Assim, para se realizar a referida análise, utilizou-se o modelo preconizado pelo BPMM (BUSINESS PROCESS MATURITY MODEL, 2008), por ser conceitualmente mais abrangente e por possuir estrutura específica para análise de institucionalização de processos, conforme

explanado. Desta forma, baseando-se nas práticas (ou dimensões) de institucionalização ali definidas, elaborou-se um questionário de acordo. Este, por sua vez, foi enviado a diversos Oficiais do COMAER que atuaram recentemente na área, a fim de se apurar, junto àquele público especializado, sua percepção acerca daquelas práticas.

Conforme ficou demonstrado pela análise dos dados obtidos, três das cinco dimensões de institucionalização apresentaram bons graus de maturidade, como *Processo, Conhecimentos e Habilidades e Conformidade Legal e Normativa*, o que indicaria que o processo de acordos de compensação estaria robustamente institucionalizado no COMAER.

No entanto, também se observou a existência de aspectos que atenuam bastante a força de tal assertiva. Neste sentido, foi revelador o fato de a dimensão relativa ao planejamento ter sido a mais mal avaliada. Além disso, ficou também evidente que há fatores externos ao COMAER que prejudicam essa mesma dimensão, nomeadamente aqueles relacionados ao planejamento e à execução orçamentárias.

Desta forma, de acordo com esses resultados, é razoável concluir que a maturidade da institucionalização dos acordos de compensação no COMAER ainda não está completa, podendo ser melhorada em diversos pontos.

No que tange às limitações ao estudo ora apresentado, destacam-se:

- a) o caráter prescritivo do modelo BPMM;
- b) o fato de o referido modelo ter vindo do setor privado, de sorte que sua aplicabilidade no setor público carece de verificação;
- c) o número de dimensões escolhidas;
- d) a limitação quanto ao período observado; e
- e) ter sido aplicado somente ao nível dos Oficiais.

Por fim, a título de trabalhos futuros, sugere-se um aprimoramento do questionário ora aplicado, sem fugir ao modelo BPMM, a fim de que o mesmo possa ser aplicado novamente ao COMAER, bem como às demais Forças, tornando possível uma comparação entre as mesmas. Assim, a partir de um tal estudo, seria possível sugerir melhorias na coordenação e na sinergia entre as Forças Armadas, nesse tema.

REFERÊNCIAS

- BUSINESS Process Maturity Model: BPMM. EUA: Object Management Group - OMG, 2008.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 764/MD, de 27 Dez. 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 35, 2002.
- CROSBY, P. B. **Quality is free**. New York: McGraw-Hill. 1979.
- CUNHA, M. P. E.; REGO, A.; CABRAL-CARDOSO, C. Teoria institucional. In: _____. **Tempos modernos: uma história das organizações e da gestão**. Lisboa, Portugal: Sílabo, 2007. p. 290-300.
- GOODMAN, P. S.; BAZERMAN, M.; CONLON, E. Institutionalization of planned organizational change. **Research in Organizational Behavior**, n. 2, 1980. p. 215-246.
- IVO, R. C. **A prática do offset como instrumento dinamizador do desenvolvimento industrial e tecnológico**. 2004. 157 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Curso de Política e Gestão de C&T, Universidade de Brasília, 2004.
- JONES, W. E. The Value of Military Industrial Offsets. **Journal of International Security Assistance Management**, v. 24, n. 2, 2002.
- KOSTOVA, T.; ROTH, K. Adoption of an organizational practice by subsidiaries of multinational corporations: institutional and relational effects. **The Academy of Management Journal**, v. 45, n. 1, p. 215-233, 2002.
- LOCKAMY III, A.; MCCORMACK, K. The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. **Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 4, p. 272-278, 2004.
- LIMA NETO, D. **A institucionalização do processo de acordos de offset no Comando da Aeronáutica do Brasil**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública)-Curso de Administração Pública, Escola de Economia e Gestão, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2012.
- MODESTI, A.; AZEVEDO, A. E. M. Offset: teoria e prática. In: PANORAMA DA PRÁTICA DO OFFSET NO BRASIL: uma visão da negociação internacional de Acordos de Compensação Comercial, Industrial e Tecnológica. Brasília, Suspensa, 2004.
- PAULK, M.; WEBER, C.; CURTIS, B.; CHRISSIS, M. B. **Capability maturity model for software**, version 1.1., Software Engineering Institute, Carnegie Mellon, Pittsburgh, 1993.
- QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de investigação em ciências sociais**. 5. ed. Lisboa, Portugal: Gradiva, 1995.
- REIS, E. et al. **Estatística aplicada**. Lisboa, Portugal: Sílabo, 2001. v. 2.
- ROHLOFF, M. Advances in business process management implementation based on a maturity assessment and best practice exchange. In: _____. **Information Systems and E-Business Management**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 383-403, 2010.
- SELZNICK, P. **Leadership in administration: a sociological interpretation**. [S.l.]: University of California, 1957.
- TOLBERT, P. S.; ZUCKER, L. G. The institutionalization of institutional theory. In: HARDY, S. R. C. A. C. **Studying organization: theory & method**. [S.l.]: SAG, 1999.
- UNCITRAL. **Legal guide on international countertrade transactions**. [S.l.]: [s.n.], 1992. Disponível em: <www.uncitral.org/pdf/english/texts/sales/countertrade/countertrade-e.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2013.
- WTO. **Agreement on government procurement: Uruguay Round Agreement**. [S.l.: s.n.], 1994. Disponível em: <http://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/gpr-94_01_e.htm>. Acesso em: 17 maio 2013.
- ZUCKER, L. G. Institutional theories of organization. **Annual Review of Sociology**, n. 13, p. 443-464, 1987.

PARECERISTAS DAS EDIÇÕES DE 2014

Adriana Aparecida Marques
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Adriano Lauro
Escola de Guerra Naval (EGN)-Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro (UFRJ)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Andrea Costa da Silva
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Andrea Kuroiva Yanikian
Centro de Documentação e Radiologia Odontológica (CEDRO)
São Paulo/SP - Brasil

Antonio Carlos Ribeiro da Silva
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)
São José dos Campos/SP - Brasil

Arlon Breno Figueiredo Nunes da Silveira
Instituto Pernambucano de Estudos Avançados (IPEA)
Recife/PE - Brasil

Maurício Pazini Brandão
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)
São José dos Campos/SP - Brasil

Carlos Gomes de Oliveira
Universidade Salgado de Oliveira (UNIVERSO)
São Gonçalo/RJ - Brasil

Éder Henriqson
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Porto Alegre/RS - Brasil

Eduardo Barrios
Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes
Aeronáuticos (CENIPA)
Brasília/DF - Brasil

Eduardo Quesado Filgueiras
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica-
Faculdade SENAC (FACSENAC)
Brasília/DF - Brasil

Eduardo Sol Oliveira da Silva
Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica (ECEMAR)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Elcio Hideiti Shiguemori
Instituto de Estudos Avançados (IEAv)
São José dos Campos/SP - Brasil

Eliomar Araújo de Lima
Universidade de Brasília (UnB)
Brasília/DF - Brasil

Elones Fernando Ribeiro
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS)
Porto Alegre/RS - Brasil

Estélio Henrique Martin Dantas
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Maria Filomena Fontes Ricco
Universidade da Força Aérea (UNIFA)-Departamento de
Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA)
Rio de Janeiro/RJ - São José dos Campos/SP - Brasil

Francisco Guirado Bernabeu
Faculdade Senac (FACSENAC)
Brasília/DF - Brasil

Guilherme Sandoval Góes
Escola Superior de Guerra (ESG)-Universidade Estácio
de Sá (UNESA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Hélcio Vieira Junior
Comando-Geral de Operações Aéreas (COMGAR)
Brasília/DF - Brasil

Helio Ricardo Cabral de Moura
Oficina Escola de Lutheria da Amazônia (OELA)
Manaus/AM - Brasil

Iliane Jesuina Silva Foresti
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP - Brasil

Flavio Neri Hadmann Jasper
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica (SEFA)
Brasília/DF - Brasil

Jefferson Eduardo dos Santos Machado
Centro Universitário Moacyr Soeder Bastos-Museu
Aeroespacial (MUSAL)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Joana Bueno de Sá
Instituto de Psicologia da Aeronáutica (IPA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Joel de Lima Pereira Castro Junior
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói/RJ- Brasil

José Brant de Campos
Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Jose Miguel Quedi Martins
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Porto Alegre/RS - Brasil

Josué Morisson de Moraes
Instituto Metodista Bennett
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Kin Shung Hwang
Comissão de Desportos da Aeronáutica (CDA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Luiz Felipe Brandão Osório
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Luiz Maurício de Andrade da Silva
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP - Brasil

Marcial Garcia Suarez
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói/RJ - Brasil

Marcos Aurélio Oliveira
Academia da Força Aérea (AFA)-Universidade da Força
Aérea (UNIFA)
Pirassununga/SP - Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Maria Simone de Menezes Alencar
Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Marta Maria Telles
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Patrícia de Oliveira Matos
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Renato Galvão da Silveira Mussi
Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI)
São José dos Campos/SP - Brasil

Ricardo Gakiya Kanashiro
Núcleo do Hospital de Força Aérea de São Paulo
(NuHFASP)
São Paulo/SP - Brasil

Rudimar Antunes da Rocha
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis/SC - Brasil

Simone da Rocha Weitzel
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
(UNIRIO)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Sonia de Oliveira Câmara Rangel
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
São Gonçalo/RJ - Brasil

Rosangela Barbosa
Universidade da Força Aérea (UNIFA)
Rio de Janeiro/RJ - Brasil

Tânia Regina Pires de Godoy
Academia da Força Aérea (AFA)
Pirassununga/SP - Brasil

Thais Russomano
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
(PUC-RS)
Porto Alegre/SP - Brasil

Thomas Ferdinand Heye
Universidade Federal Fluminense (UFF)
Niterói/RJ - Brasil

Wilson Fernando Nogueira
Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Cachoeira Paulista/SP - Brasil

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO

A Revista da Universidade da Força Aérea é uma publicação científica de periodicidade semestral que tem por finalidade publicar as contribuições sobre Estudos de Defesa, com ênfase em Poder Aeroespacial, bem como temas relevantes para o Comando da Aeronáutica. O processo de submissão é por fluxo contínuo e as normas podem ser acessadas no seguinte endereço eletrônico:

https://www.unifa.aer.mil.br/normas_para_publicacao.pdf

GUIDELINES FOR SUBMISSION

The Journal of the Air Force University is a scientific biannually publication which aims to publish contributions on defense studies, with an emphasis on Aerospace Power as well as relevant topics to the Air Force Command. The submission process is a continuous flow and the rules can be accessed at the following address:

https://www.unifa.aer.mil.br/rules_for_publishing.pdf

ORIENTACIONES PARA SOMETIMIENTO

La Revista da Universidade da Força Aérea es una publicación científica de periodicidad semestral que tiene como objetivo publicar las contribuciones sobre Estudios de Defensa, con énfasis en Poder Aeroespacial y cuestiones relacionadas al Comando da Aeronáutica. El proceso de sometimiento es por flujo contínuo y las normas pueden ser accesadas en el siguiente sitio:

https://www.unifa.aer.mil.br/normas_para_publicacion.pdf



Portão da Guarda da UNIFA/Guard Gate of UNIFA/Porton de la Guardia de la UNIFA.

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA (UNIFA)
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA (PROPES)
SEÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA PRODUÇÃO ACADÊMICA (SDPA)

Av. Marechal Fontenelle, 1200 - Campo dos Afonsos

Rio de Janeiro - RJ

CEP 21740-000

Telefone/Telephone number/Teléfono: +055 21 21572753

Email: revistadaunifa@gmail.com; revistadaunifa@unifa.aer.mil.br

Website: www.unifa.aer.mil.br/site/novo_portal/index.php/revista-unifa



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA

