

Revista da

UNiFA

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA
Uma Visão do Poder Aeroespacial



CORPO EDITORIAL



Revista da UNIFA Publicação Semestral v. 33 n. 1 Janeiro/junho 2020

Reitor da UNIFA

Maj Brig Ar José Isaias Augusto de Carvalho Neto

Vice-Reitor da UNIFA

Brig Int R1 Luiz Tirre Freire

Editor-Chefe

Prof. Dr. Bruno de Melo Oliveira

Editor-Adjunto

Prof. Dr. Bruno de Melo Oliveira

Editores-Assistentes

1º Ten Bib Cíntia Sales de Sousa

1º Ten Bib Cíntia Carneiro Marinho

1º Ten Bib Leandro Henrique de Oliveira Spinola

2º Ten Bib Adriana Maria dos Santos

SO R1BEP Roberto Fernandes Ferreira

Comitê de Ética Institucional

Vice-Reitor Acadêmico

Coordenador de Ensino da UNIFA

Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa

Pró-Reitor de Apoio à Pesquisa

Pró-Reitor de Extensão e Cooperação

Pró-Reitor de Estudos Especializados e Idiomas

Chefe do Centro de Educação à Distância

Chefe do Centro de Estudos Avançados

Oficiais Superiores da Vice-Reitoria Acadêmica da UNIFA

Comandante da ECEMAR

Presidente da CDA

Vice-Presidente da CDA

Comandante da EAOAR

Conselho Editorial Científico

Andréa Fabiana de Lira - UFBA - BA

Claudio Rodrigues Corrêa - EGN - RJ

Erico Duarte - UFRGS - RS

Fabio Walter - UFRP - PB

Fernando de Souza Costa - INPE - SP

Flavio Neri Jasper - SEFA - DF

Francisco Eduardo Alves de Almeida - EGN - RJ

Guilherme Sandoval Góes - ESG - RJ

João Roberto Martins Filho - UFSCar - SP

Koshun Iha - ITA - SP

Lamartine Nogueira Frutuoso Guimarães - IEAv - SP

Marco Antonio Sala Minucci - IEAv - SP

Marcos Jorge Alves Gemaque - UNIFA - RJ

Thais Russomano - PUC - RS - RS

Vantuil Pereira - UFRJ - RJ

Revisão Técnica

1º Ten QOCON BIB Cíntia Sales de Sousa - UNIFA - RJ

1º Ten QOCON BIB Cíntia Carneiro Marinho - UNIFA - RJ

2º Ten QOCON BIB Adriana Maria dos Santos - UNIFA - RJ

2º Ten QOCON MSS Ana Carolina Aparecida Marques

Soarez - AFA - SP

Prof.ª Catarina Labouré Madeira Barreto Ferreira - UNIFA - RJ

Prof.ª Dr.ª Cláudia Maria Souza Antunes - UNIFA - RJ

Equipe de Edição

Diagramação

SO SDE Samuel Gonçalves Mastrange

CB SGS Lessandro Augusto da Silva Queluci

Desenvolvimento WEB

2S SAD Diego Sodré Ribeiro

3S SIN Victor Willian Aguiar dos Santos

Impressão

UNIFA

Tiragem

600 exemplares

Distribuição

Gratuita



Nossa capa

Arte do CB SGS Lessandro Augusto da Silva Queluci.

REVISTA DA UNIFA

Uma Visão do Poder Aeroespacial

v. 33 n. 1 janeiro/junho 2020

Rio de Janeiro - RJ

Revista da UNIFA	Rio de Janeiro	v. 33	n. 1	p. 01 - 145	jan./jun. 2020
------------------	----------------	-------	------	-------------	----------------

Os textos publicados na revista são de inteira responsabilidade de seus autores.

The authors assume full responsibility for the texts published in the journal.

Los textos publicados en la revista son de entera responsabilidad de sus autores.

Indexado em / indexed in / indexado en:   

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

Disponível em / Available in / Disponible en: 

Licenciada / Licensed / con licencia: 

Revista da UNIFA / Universidade da Força Aérea. – Ano 1, n. 1 (23 out.1985)-ano 20, n. 23 (nov. 2008); [nova sér.], v. 22, n. 24 (jan./jun. 2009)-v. 28, n. 37 (dez. 2015); [nova sér.], v. 29, n. 2 (dez. 2016)- . – Rio de Janeiro : Universidade da Força Aérea, 1985- .

Semestral.

A partir de janeiro/junho 2009 numerado como volume.

A partir de janeiro/junho 2016 a numeração dos fascículos recomeça a cada ano com n. 1 e a numeração dos volumes mantém a sequência do ano anterior.

ISSN 1677-4558.

e-ISSN 2175-2567.

Distribuição gratuita.

1. Força Aérea Brasil - periódicos. 2. Aeronáutica - Brasil. 3. Poder aeroespacial. I. Universidade da Força Aérea.

CDU: 355.354(81)(05)

2020

Impresso no Brasil

Printed in Brazil

Impreso en Brasil

Distribuição gratuita

free distribution

distribución gratuita

Editorial	5
<i>Editorial</i>	6
<i>Editorial</i>	7

ARTIGOS / ARTICLES / ARTÍCULOS

ORIGINAL / ORIGINAL / ORIGINAL

O conceito de liderança pela perspectiva de cadetes do curso de formação na Academia da Força Aérea	8
Eliana Prado Carlino	
A influência da compreensão dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica	16
Joyce de Souza Conceição	

ESTUDO DE CASO / CASE STUDY / ESTUDIO DE CASO

Munich 1972: Lessons of aviation security for Latin America	28
Martin Fernando Zorrilla Rodriguez	

REVISÃO / REVIEW / REVISIÓN

Alterações musculoesqueléticas em ambiente de microgravidade	38
<i>Musculoskeletal changes in a microgravity environment</i>	48
<i>Cambios musculoesqueléticos en un entorno de microgravedad</i>	58
Leandro Emílio Nascimento Santos, Robinson Esteves Pires, Cláudia Sousa Antunes e Ricardo Gakiya Kanashiro	
A aviação e a segurança de voo em um contexto evolutivo da ciência	68
<i>Aviation and flight safety in an evolutionary context of science</i>	
<i>Aviación y seguridad de vuelo en un contexto evolutivo de la ciencia</i>	
Maria Filomena Fontes Ricco e Madison Coelho de Almeida	
Gênese da Bipolaridade Confrontativa Indireta na Guerra da Coreia	75
<i>Genesis of Indirect Confrontational Bipolarity in the Korean War</i>	
<i>Génesis de la Bipolaridad de Confrontación Indirecta en la Guerra de Corea</i>	
Roy Reis Friede	

Sumário / Contents / Sumario

Gestão do Patrimônio dos Imóveis militares: uma contribuição sobre a literatura pertinente87

Military Property Management: a contribution to the relevant literature

Gestión de la propiedad militar: una contribución sobre la literatura relevante

Thais Yamamoto

Implantação e automatização do laboratório de medições de compatibilidade eletromagnética para prestação de serviços aos Institutos de Pesquisa do Comando da Aeronáutica e Empresas do setor Aeroespacial97

Implementation and automation of the electromagnetic compatibility measurement laboratory to provide services to Aeronautical Command Research Institutes and companies in the aerospace sector110

Implementación y automatización del laboratorio de medición de compatibilidad electromagnética para prestar servicios a los Institutos de Investigación de Comando Aeronáutico y a las empresas del sector aeroespacial123

Sérgio Baptista de Oliveira e Carlos do Nascimento Santos

OPINIÃO / OPINION / OPINIÓN

Defesa aeroespacial e segurança nacional em xeque: a precária disciplina normativa do abate de aeronaves136

Aerospace defense and national security in check: the precarious normative discipline on aircraft slaughter

La defensa aeroespacial y la seguridad nacional bajo control: la precaria disciplina normativa sobre la detección y destrucción de aeronaves ilícitas

Andrew Fernandes Farias

ORIENTAÇÕES PARA SUBMISSÃO / ORIENTATIONS FOR SUBMISSION / ORIENTACIONES PARA SUBMISIÓN145

Há exatas três décadas publicou-se a primeira edição da Revista da UNIFA. Era a publicação da então jovem organização militar Universidade da Força Aérea. Tal empreendimento, como fica patente logo em seu primeiro editorial, de autoria do Ministro da Aeronáutica, Brigadeiro Otávio Moreira Lima, representava um laborioso esforço em pôr-se a disposição de um público militar artigos voltados para a temática profissional da Força Aérea Brasileira. Naqueles primórdios, os manuscritos eram originados dos trabalhos finais dos oficiais-alunos dos cursos de Pós- formação, que se apresentavam à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica (EAOAr) e à Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica (ECEMAR), unidades-escola fixadas no solo sagrado do Campo dos Afonsos em meados da década de 1980.

Como a mudança é parte inevitável da experiência humana, transformações operaram-se sobre a revista militar. De periódico de menor circulação, voltado para um público profissional específico, a Revista da UNIFA expandiu seus horizontes, ultrapassando os limites da caserna. Mudanças na equipe editorial, no corpo de instrutores e a sucessão de turmas contribuíram para a transformação do modus operandi da gestão do periódico ao longo dos anos que se seguiram. Juntamente com esses aspectos internos, agregaram-se transformações no cenário acadêmico e estatal brasileiro, fenômenos que auxiliaram a remodelação da concepção editorial do periódico, fomentando o refinamento dos processos e da capacitação da equipe que labuta diuturnamente e o incremento dos meios para manter-se a publicação no seio do campo acadêmico.

A criação do Ministério da Defesa, o surgimento de programas de pós-graduação militares, o enquadramento destes junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a filiação à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC) correspondem aos condicionantes externos da remodelação. Hoje, o meio impresso convive com a mídia digital e permite acessos até então impensáveis a regiões longínquas.

O percurso e o aprimoramento nestes trinta e cinco longos e produtivos anos materializam-se nesta edição. Os artigos aqui coligidos representam uma amostra das reflexões sobre diversos aspectos que compõem o Poder Aeroespacial, núcleo temático que define o perfil desta publicação. Da exclusividade dos trabalhos das escolas de pós- formação da Aeronáutica chega-se a uma era de multiplicidade de instituições e de pesquisadores que, juntamente com textos nativos, integram o conjunto de nossas edições e números. Dos artigos produzidos nesta academia brasileira, logra-se, também, publicar trabalhos provenientes do exterior. De uma revista local, voltada a um público de perfil profissional específico, logra-se, com este presente número, executar mais um passo no projeto de internacionalização.

Boa leitura!

Prof. Dr. Bruno de Melo Oliveira
Editor-Chefe da Revista da UNIFA

Exactly three decades ago, the first edition of the UNIFA Journal was published. It was the publication of the then young military organization University of the Air Force. This undertaking, as is evident in its first editorial, authored by the Minister of Aeronautics, Brigadeiro Otávio Moreira Lima, represented a laborious effort to make articles focused on the professional theme of the Brazilian Air Force available to a military public. In those early days, the manuscripts were originated from the final works of the officers-students of the Post-training courses, who were presented to the School of Improvement of Air Force Officers (EAOAr) and the School of Command and General Staff of the Air Force (ECEMAR), school units established on the sacred ground of Campo dos Afonsos in the mid-1980s.

As change is an inevitable part of the human experience, transformations have taken place over the military review. From a smaller circulation periodical, aimed at a specific professional audience, the UNIFA Magazine expanded its horizons, going beyond the limits of the barracks. Changes in the editorial team, in the body of instructors and the succession of classes contributed to the transformation of the modus operandi of the journal's management over the years that followed. Along with these internal aspects, transformations were added in the Brazilian academic and state scenario, phenomena that helped the remodeling of the journal's editorial conception, fostering the refinement of processes and the training of the team that works day and night and the increase of the means to keep publication within the academic field.

The creation of the Ministry of Defense, the emergence of military graduate programs, their placement with the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the affiliation to the Brazilian Association of Scientific Editors (ABEC) correspond to the external constraints of the remodeling. Today, the printed medium coexists with the digital media and allows access until then unthinkable to distant regions.

The path and improvement over these thirty-five long and productive years are materialized in this edition. The articles collected here represent a sample of reflections on various aspects that make up Aerospace Power, the thematic core that defines the profile of this publication. From the exclusivity of the works of the post-training schools of the Air Force, we arrive at an era of multiplicity of institutions and researchers that, together with native texts, integrate the set of our editions and numbers. From the articles produced in this Brazilian academy, it is also possible to publish works from abroad. From a local magazine, aimed at an audience with a specific professional profile, this issue is able to take another step in the internationalization project.

Good reading!

Professor Ph.D. Bruno de Melo Oliveira
Editor-Chef of the journal of the University of the Air Force

Hace exactamente tres décadas se publicó la primera edición de la Revista UNIFA. Era la publicación de la entonces joven organización militar Universidad de la Fuerza Aérea. Este emprendimiento, como se evidencia en su primer editorial, escrito por el Ministro de Aeronáutica, Brigadeiro Otávio Moreira Lima, representó un laborioso esfuerzo para poner a disposición del público militar artículos enfocados en la temática profesional de la Fuerza Aérea Brasileña. En aquellos primeros días, los manuscritos se originaron a partir de los trabajos finales de los oficiales-alumnos de los cursos de Post-entrenamiento, quienes fueron presentados a la Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales de la Fuerza Aérea (EAOAr) y a la Escuela de Comando y Estado Mayor General de la Fuerza Aérea (ECEMAR), unidades escolares establecidas en el terreno sagrado de Campo dos Afonsos a mediados de la década de 1980.

Como el cambio es una parte inevitable de la experiencia humana, se han producido transformaciones durante la revisión militar. De un periódico de menor circulación, dirigido a un público profesional específico, la Revista UNIFA amplió sus horizontes, yendo más allá de los límites de los cuarteles. Los cambios en el equipo editorial, en el cuerpo de profesores y la sucesión de clases contribuyeron a la transformación del modus operandi de la gestión de la revista en los años siguientes. Junto a estos aspectos internos, se sumaron transformaciones en el escenario académico y estatal brasileño, fenómenos que ayudaron a la remodelación de la concepción editorial de la revista, favoreciendo el perfeccionamiento de los procesos y la formación del equipo que trabaja día y noche y el aumento de los medios mantener la publicación dentro del campo académico.

La creación del Ministerio de Defensa, el surgimiento de los programas militares de posgrado, su colocación en la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES) y la afiliación a la Asociación Brasileña de Editores Científicos (ABEC) corresponden a las limitaciones externas de la remodelación Hoy, el medio impreso convive con los medios digitales y permite un acceso hasta entonces impensable a regiones lejanas.

El camino y la superación de estos treinta y cinco largos y productivos años se materializan en esta edición. Los artículos aquí recogidos representan una muestra de reflexiones sobre diversos aspectos que componen Aerospace Power, el núcleo temático que define el perfil de esta publicación. De la exclusividad de las obras de las escuelas de post-entrenamiento del Ejército del Aire, llegamos a una era de multiplicidad de instituciones e investigadores que, junto a los textos nativos, integran el conjunto de nuestras ediciones y números. A partir de los artículos producidos en esta academia brasileña, también es posible publicar trabajos del exterior. De revista local, dirigida a un público con un perfil profesional específico, este número es capaz de dar un paso más en el proyecto de internacionalización.

¡Feliz lectura!

Professor Ph.D. Bruno de Melo Oliveira
Editor Jefe de la Revista UNIFA

O conceito de liderança pela perspectiva de cadetes do curso de formação na Academia da Força Aérea

The concept of leadership from the perspective of cadets in the training course at the Air Force Academy

El concepto de liderazgo desde la perspectiva de los cadetes del curso de capacitación en la Academia de la Fuerza Aérea

Eliana Prado Carlino¹

RESUMO

Este artigo se propõe a analisar o(s) conceito(s) de liderança a partir da perspectiva dos cadetes da Academia da Força Aérea. Por se tratar de um assunto trabalhado em diferentes instâncias de formação do cadete e, também na Divisão de Ensino, o tema liderança vem provocando muitas indagações, a partir de nossa visão como professora de uma disciplina que trabalha este tema. Com esta intenção, nosso recurso metodológico foi ouvir cadetes do Terceiro e Quarto Esquadrões que integravam a Cadeia de Liderança do Corpo de Cadetes e que exerceram o papel de adaptadores do Primeiro Esquadrão, no Estágio de Adaptação Militar. Por meio de suas narrativas e de entrevistas autobiográficas, procuramos compreender como eles concebem liderança e como é a percepção deles sobre a própria prática ao exercitá-la comparando-se aos outros cadetes. Os dados gerados apontaram que a visão de liderança que eles têm é muito aproximada de uma visão do senso comum, e que, apesar de uma capacidade de reflexão sobre a sua realidade, o cadete não encontra espaço propício, no seu âmbito de formação, para narrar tais vivências, o que pode impedir a tomada de consciência dessas situações, assim como a possibilidade de resignificá-las.

Palavras-chave: Liderança. Formação. Cadete. Narrativas.

ABSTRACT

This article aims to analyze the concept (s) of leadership from the perspective of the cadets of the Air Force Academy. Because it is a subject worked on in different instances of cadet formation and, also in the Teaching Division, the leadership theme has been causing many questions, from our view as a teacher of a school

subject that works on this theme. With this intention, our methodological resource was to listen to cadets of the Third and Fourth Squadrons that were part of the Cadet Corps Leadership Chain and that played the role of adapters of the First Squadron, in the Military Adaptation Stage. Through their narratives and autobiographical interviews, we try to understand how they conceive their leadership and their perception of their practice when exercising it in relation to other cadets. The data obtained showed that the vision of leadership that they have is very close to that of common sense, and that despite the ability to reflect on their reality, the cadet does not find a suitable space, within his training, to narrate such experiences, which can prevent the awareness of these situations, as well as the possibility of reframing them.

Keywords: Leadership. Formation. Cadet. Narratives.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar los conceptos de liderazgo desde la perspectiva de los cadetes de la Academia de la Fuerza Aérea. Por tratarse de un tema trabajado en diferentes instancias de formación de cadetes y, también en la División de Enseñanza, el tema liderazgo provoca muchas preguntas, desde nuestro punto de vista como maestro de una asignatura que trabaja este tema. Con esta intención, nuestro recurso metodológico fue escuchar a los cadetes de los Escuadrones Tercero y Cuarto que formaban parte de la Cadena de Liderazgo del Cuerpo de Cadetes y que ejercieron el papel de adaptadores del Primer Escuadrón, en las prácticas de Adaptación Militar. A través de sus narrativas y entrevistas autobiográficas, tratamos de comprender cómo conciben su liderazgo y su percepción de su práctica al ejercerla en relación a otros cadetes. Los datos obtenidos mostraron que

I. Academia da Força Aérea (AFA) – Pirassununga/SP – Brasil. Doutora em Educação pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail: ecarlino@bol.com.br

Recebido: 19/11/19

Aceito: 11/02/20

la visión de liderazgo que tienen es muy cercana a la del sentido común, y que a pesar de la capacidad de reflexionar sobre su realidad, el cadete no encuentra un espacio adecuado, en su ámbito de formación, para narrar dichas experiencias, lo que puede impedir la toma de consciencia de esas situaciones, así como la posibilidad de reformularlas.

Palabras clave: Liderazgo. Formación. Cadete. Narrativas.

1 INTRODUÇÃO

A liderança é, acima de tudo, um processo interpessoal extremamente complexo que não se limita aos aspectos visíveis e objetivos de técnicas e prescrições. (MOSCOVICI, 2008).

Durante muitos anos de trabalho com a formação dos cadetes nos cursos do CFOAV, CFOINT e CFOINF, inúmeras questões referentes ao fenômeno da liderança foram nos instigando. E, ao mesmo tempo, suscitando o desejo de compreendermos melhor esse fenômeno que, afinal, é a missão da Academia da Força Aérea, “formar oficiais em condições de se tornarem líderes de uma moderna Força Aérea” (BRASIL, 2014).

Na visão deste pesquisador, o tema liderança deveria ser abordado desde o princípio da formação básica, ou seja, tratado na Escola de Preparação dos Cadetes do Ar. O Manual do Cadete (BRASIL, 2016, p. 14) entende que o programa de formação para a liderança

proporciona ao cadete, por intermédio do exemplo, dos ensinamentos e da prática no CCAER, o amadurecimento e o conhecimento de suas forças, fraquezas, capacidades e limitações, para que possa controlar e disciplinar a si mesmo e, com isso, liderar pessoas efetivamente, baseando tal liderança na dignidade e no respeito. Essa formação desenvolve, ainda, sua capacidade de comunicação, de relacionamento humano e os atributos físicos e morais necessários ao papel de liderança.

Sabe-se que há diferentes instâncias nas quais o cadete se exercita como líder; porém, a principal situação na qual enfatizamos o exercício da liderança e o foco deste estudo é o Estágio de Adaptação Militar (EAM), momento em que os cadetes do Primeiro Esquadrão são recebidos na Academia e passam por um processo de socialização no meio acadêmico militar.

Nesse estágio, ocorre a apresentação e a inserção dos cadetes recém-chegados à Academia. O objetivo do Estágio é adaptar esse novo cadete à vida na organização militar e fazer com que ele se familiarize com suas peculiaridades e valores, pois se considera que “tornar-se militar implica vivenciar um processo de socialização organizacional, caracterizado pela

aprendizagem da cultura organizacional militar (WORTMEYER, 2016, p. 1).

Essa adaptação ocorre por meio de um programa envolvendo treinamento militar, doutrinário e físico e seu planejamento e programação são realizados por um grupo de trabalho coordenado pelo Subcomandante do CCAer e composto pelas Seções de Doutrina (SDOUT), Educação Física (SEF), Instrução Militar (SIM) e pelo Comando do 1º Esquadrão.

Nesse processo, participam, além dos oficiais/instrutores do Corpo de Cadetes e da Academia de modo geral, alguns cadetes do Terceiro e Quarto Esquadrões que são selecionados para essa tarefa e são chamados de adaptadores, pois são cadetes mais antigos que realizam as atividades diretamente com os estagiários recém-chegados à Academia. Esse processo de adaptação é importante não apenas ao aluno recém-chegado à AFA, mas também ao propósito de melhorar as qualidades de liderança do cadete mais antigo, o qual

deve treinar e corrigir os cadetes mais modernos, de maneira tal que lhes inspire confiança e desejo de acertar, sem usar de um tratamento mais severo do que a situação exija, o que pode obstruir o processo de absorção consciente da correção. (BRASIL, 2016, p. 16).

Quando se pensa na formação e no treinamento para a liderança, inúmeras variáveis são trazidas à tona, o que coloca a necessidade de novos estudos a respeito do tema. Valente (2016, p. 9) afirma que

o desafio de formar comandantes em massa e capacitá-los a liderar seus subordinados mobiliza enormes energias da instituição, e seus elementos têm-se esforçado no sentido de operacionalizar este trabalho que é indubitavelmente necessário. Os problemas decorrentes do controle das inúmeras variáveis envolvidas no processo exigem dos militares um esforço criativo no sentido de minimamente equacioná-las.

Assim, a perspectiva pela qual procuramos focar esta investigação, é a de uma docente que atua na disciplina Psicologia Organizacional e que, ao trabalhar ‘liderança’ como um conteúdo de ensino, procura olhar para a temática de uma perspectiva das relações humanas, do afetivo e do relacional.

2 DESENVOLVIMENTO

Consideramos que pensar sobre liderança significa pensar sobre si próprio, afinal, olhar para nós mesmos é fundamental se estamos à frente de um grupo; estudar sobre o funcionamento dos grupos também se faz importante, na medida em que liderança significa lidar com outros sujeitos, implicando também aspectos socioemocionais, além dos estritamente cognitivos (GOLEMAN, 2006a).

Em eventos e trabalhos relativos à discussão sobre o fenômeno da liderança, muito se tem falado sobre autoliderança, autodisciplina, autoconhecimento (PAIVA, 2008); sobre aspectos inconscientes que atuam nos grupos de trabalho (MOSCOVICI, 2008); sobre o não verbal nos grupos e sobre resiliência e habilidades inter e intrapessoais (ROBBINS, 2004). Sabe-se, portanto, que há uma grande contribuição dos fatores emocionais para que o sujeito seja bem sucedido ou não em sua carreira profissional.

Dentro das organizações,

as transformações de sentimentos que ocorrem nos grupos de trabalho, contudo, não figuram entre as variáveis mais estudadas e consideradas na avaliação do desempenho grupal. (MOSCOVICI, 2008, p. 106).

Entretanto, nos últimos tempos, tem sido dada maior ênfase à dimensão emocional ao tratar sobre a liderança, pois considerá-la como um

exclusivo procedimento técnico de gerência tem levado a equívocos embaraçosos e inexplicáveis [...]. Pouco adiantam cursos sobre liderança que não alertam para as muitas variáveis existentes no processo, variáveis que afetam a aplicação adequada das técnicas gerenciais no trabalho em grupo. (MOSCOVICI, 2008, p. 105).

Os aspectos cognitivos não podem ser considerados os únicos ou os mais essenciais na abordagem do tema; diríamos, mesmo, que abordar a saúde mental concomitantemente ao tema liderança é extremamente importante, já que estar à frente de um grupo como alguém que vai mobilizar e influenciar comportamentos, cognições e afetos requer conhecimento sobre elementos não palpáveis que estão imbricados nessas relações. Moscovici (2008) afirma que a liderança é, acima de tudo, um processo interpessoal demasiadamente complexo que não está limitado aos aspectos unicamente tangíveis.

Sem desconsiderar a importância e a necessidade irrefutável de um referencial teórico que dê suporte às aprendizagens sobre liderança, Paiva (2008) afirma que o estudo de certos temas deve crescer progressivamente ao longo da carreira, em graus de profundidade e intensidade, sendo fundamental a leitura de trabalhos e obras relacionadas aos temas específicos, entre os quais, a liderança. Somado a isso, Moscovici (2008, p. 110) defende que

a emocionalidade humana não pode ser separada da dimensão intelectual na vida cotidiana dos problemas, da tomada de decisão, da administração dos conflitos, da execução das tarefas. Nosso comportamento resulta da interação contínua entre racionalidade e emoção.

Várias são as perspectivas pelas quais podemos significar o fenômeno da liderança; vários são os olhares possíveis, muitas são as vertentes teóricas que, ao longo do tempo, procuraram explicar esse fenômeno.

Muitos são os conceitos sobre liderança (BERGAMINI e CODA, 1997; ROBBINS, 2004; GOLEMAN, 2006b; BERGAMINI, 2009; VIZIOLI e CALEGARI, 2010; ROBBINS; JUDGE; SOBRAL, 2010), mas destacamos aqui a visão de Moura (2008, p. 43), para quem liderança significa “um processo de influência sobre as cognições e os comportamentos de um conjunto de pessoas, visando-se alcançar uma meta preestabelecida”. Desse modo, liderar implica atuar sobre modos de agir e de pensar. Diríamos, ainda, que implica atuar sobre modos de sentir. E, se é um processo, significa também que ela depende da atuação não apenas do líder, mas de outros elementos presentes na relação que devem ser considerados ao se conceituar esse fenômeno (MOURA, 2008), como, por exemplo, os liderados e a própria organização. Sendo assim, liderança implica um fazer coletivo, daí a necessidade de se pensar o líder a partir da perspectiva dos liderados, pois

não é a força da autoridade que os chefes, no geral, possuem por causa de sua posição privilegiada no organograma da organização, aquilo que dá a ele a eficácia em dirigir pessoas, mas a percepção positiva desses seguidores é que autoriza o líder a agir como tal. (BERGAMINI E CODA, 1997, p. 323).

Isso significa que a percepção (positiva ou não) dos liderados em relação ao líder e, ainda, o sentimento de confiança existente nessa relação é o que legitima a posição do líder dentro de um grupo, dando-lhe “autorização” para liderar. Em consequência disso, “alguns indivíduos ganham papéis de liderança como resultado da aceitação e reconhecimento do seu grupo” (EMERY, 2012, apud CUNHA, 2016, p. 1).

Por isso é importante que o futuro oficial saiba que pode nunca vir a combater, “mas vai sempre assessorar, chefiar, educar e instruir. Deve conhecer-se a si mesmo, fazer a autocrítica e melhorar sempre” (PAIVA, 2008, p. 80).

O fator humano e o processo de liderança são variáveis com um impacto muito forte para o sucesso das organizações, principalmente perante o ambiente complexo e imprevisível em que as organizações vivem atualmente, face à presente conjuntura. Esta realidade afeta igualmente a organização militar. (BARRETO, 2017, p. 1).

Assim, dada a complexidade do fenômeno liderança no âmbito militar, é que quisemos ouvir os adaptadores no que se refere à sua percepção sobre esse exercício e de quais elementos, experiências, conhecimentos ou conteúdos eles se utilizam nesse processo. Lembramos ainda que alguns cadetes (ANDRADE 2018; VARGAS, 2018;) também têm se debruçado sobre o tema liderança em suas pesquisas monográficas, chamando a atenção para algumas possibilidades e modelos, o que consideramos bastante pertinente.

3 METODOLOGIA

o prazer de dizer-se ou contar-se, e em alguns casos, o fato de dispor de uma escuta ou leitura atenta já por si contribui para que o indivíduo, aluno/professor, inicie a reflexão sobre sua história e os processos formadores. O prazer de narrar-se favorece a constituição da memória pessoal e coletiva inserindo o indivíduo nas histórias e permitindo-lhe, a partir dessas tentativas, compreender e atuar. (CATANI, 1998, p. 29).

Não poderíamos abordar o trato metodológico deste trabalho sem uma referência, ainda que pequena em face da enorme contribuição que nos deram, aos sujeitos que se dispuseram a falar sobre o tema. Registramos aqui um reconhecimento especial a esses ex-alunos/cadetes e hoje oficiais da Força Aérea Brasileira pela prontidão e satisfação com que participaram desta pesquisa. Eu diria que falar (no caso deles) e ouvir (no meu) sobre algumas de suas percepções, vivências e inquietações foi muito importante para ambas as partes, isso porque “a narrativa provoca mudanças na forma como as pessoas compreendem a si próprias e aos outros (CUNHA, 1997, p. 188). Portanto, a voz de cada um deles se faz presente neste texto.

Meu enfoque metodológico foi o uso de narrativas nas entrevistas autobiográficas realizadas com os cadetes a respeito de sua própria percepção sobre sua prática ao exercitar a liderança em relação a outros cadetes.

Assim, dispusemo-nos a ouvir os alunos do Terceiro e Quarto Esquadrões no sentido de apreender, por meio de suas narrativas, como eles se percebem nesse exercício de liderança. Lembramos que eles tiveram contato com esse tema ao longo de sua formação, em disciplinas como Psicologia Organizacional, em aulas de doutrina, e, além disso, participaram do Curso de Padronização de Instrutores (CPI) que tem como objetivo prepará-los e orientá-los para a execução particular dessa tarefa de adaptação dos estagiários.

As narrativas e os relatos procuram refletir o mundo vivido para, a partir dele, derivar um sentido; este sentido é construído coletivamente, pois não é resultado apenas da consciência de quem faz o relato e nem apenas da consciência do pesquisador (PINEAU, 2006). Bertaux (*apud* PINEAU, 2006, p. 340) afirma que “há relato de vida desde que haja descrição na forma de narrativa de um fragmento de experiência vivida”.

A abordagem proposta ainda

permite o desvendar de elementos quase misteriosos por parte do próprio sujeito da narração que, muitas vezes, nunca havia sido estimulado a expressar organizadamente seus pensamentos. (CUNHA, 1997, p. 189).

Partindo de relatos feitos pelos cadetes sobre suas experiências de liderança, propiciar uma co-construção de sentido sobre o fenômeno.

Trabalhar nessa perspectiva metodológica nos faz acreditar que

ao mesmo tempo que o sujeito organiza suas ideias para o relato – quer escrito, quer oral – ele reconstrói sua experiência de forma reflexiva e, portanto, acaba fazendo uma autoanálise que lhe cria novas bases de compreensão de sua própria prática. (CUNHA, 1997, p. 188).

Para isso, trabalhamos com dezoito cadetes: oito do Quarto Esquadrão, pertencentes à Cadeia de Liderança do Corpo de Cadetes e adaptadores em 2015, e dez do Terceiro Esquadrão e adaptadores dos estagiários do primeiro ano em 2016. Os sujeitos foram homens e mulheres entre 21 e 25 anos de idade e pertencentes aos três quadros de formação.

Houve um roteiro de questões que norteou a narrativa dos cadetes, indagando, entre outras questões, o que eles entendiam por liderança; se eles percebiam diferenças e quais eram elas, entre a sua vivência como estagiário e a sua atuação como adaptador; quais as referências eram buscadas por eles quando estavam no exercício de algum tipo de liderança (autores, livros, pessoas, líderes ou chefes que tiveram); em quais contextos da AFA eles consideravam que aprendiam sobre liderança.

As falas dos cadetes foram gravadas, transcritas e posteriormente analisadas. Entretanto, como o número de informações e dados coletados foi muito extenso, fizemos um “recorte” para este artigo, priorizando apenas a primeira questão do roteiro, a saber: “Como você entende liderança ou, para você, o que é liderança?”

A partir das respostas obtidas para essa questão, procuramos apreender como o cadete entende a liderança, o que supomos ser importante para as respostas que ele apresenta nas questões subsequentes.

A seguir, apresentamos algumas compreensões que os cadetes têm sobre esse fenômeno.

4 UMA POSSIBILIDADE DE LEITURA PARA OS DADOS COLETADOS

Ao definirem liderança, algumas posições convergem para um ponto comum e partilham um mesmo conceito: “É uma pessoa influenciando a outra, ou o processo de influenciar um grupo de pessoas em prol de um objetivo comum” Aproximadamente sessenta e seis por cento (66%) dos cadetes, que foram sujeitos da pesquisa, entendem liderança dentro dessa perspectiva.

Entretanto, mesmo a definindo assim, ao mesmo tempo, as falas apontam para alguns aspectos que merecem atenção. Por exemplo, o Cad.1 coloca a necessidade de se pensar a formação do líder dentro de um espaço definido, ou seja, “quais são os objetivos desse trabalho de liderança?” “Formar lideranças para atuar em quais espaços?” ou ainda, “Por que somos líderes?” Existe aqui uma dúvida a respeito de qual é a ideia ou o modelo de liderança a ser adotado, o que na visão desse cadete não fica claro.

Assim, uma questão que se destaca nessa fala é sobre os objetivos que se pretendem com um determinado grupo; o que seria mais importante: uma liderança focada num determinado objetivo/tarefa, ou focada na aprendizagem de determinados valores, ou tudo isso junto?

Outra coisa que aparece como fundamental para o exercício da liderança é a coerência no comportamento do líder:

“Existem momentos em que eles (estagiários do 1º ano) não vão conseguir entender qual é a nossa motivação em fazer alguma coisa [...] No caso, também a verdade, a sinceridade, o fato de a gente poder explicar para as pessoas o que está acontecendo, para que elas não venham somente a “entubar”, fazer por fazer, mas fazer de uma forma com que ela pense também, porque isso é muito importante para um oficial da Força Aérea.” (Cad. 3).

Na visão desse cadete, essa coerência é fundamental para que o mais moderno consiga absorver algo a partir de um comportamento do líder e para que haja aprendizagem. Por exemplo, no caso de uma punição, é importante que o cadete mais moderno não a considere apenas produto da vontade de alguém incoerente, pois, se isso acontecer, “*é sinal de que nós falhamos, né? Nós, que eu falo, é como superiores?*” (Cad.3).

Na visão do cadete, quando essa coerência falta na atitude de alguém, isso gera apenas um sentimento de raiva, e não de aprendizagem.

Além da coerência, alguns cadetes apontam também o “exemplo” (Cad.2; Cad.4; Cad.5; Cad.8; Cad.18), como necessário ao explicitar o seu conceito de liderança. Essa ideia também é evidenciada na visão de Paiva (2008, p. 82):

o líder tem de expressar princípios e valores morais, institucionais e grupais, bem como agir coerentemente com a sua pregação, a fim de contar com a confiança dos comandados.

Isso é reafirmado em algumas falas dos cadetes:

“Acho fundamental você fazer em suas ações aquilo que você está ensinando.” (Cad. 2).

“Quando eu conduzo as minhas ações, quando eu estou com alguma função a desempenhar eu lembro muito deles (dos antigos comandantes ou de militares mais antigos), lembro os exemplos que eles me deram e tento reproduzir aquilo de uma forma um pouco mais pessoal [...] eles mostravam que eles estavam presentes, estavam junto, e isso influencia muito no processo de aprendizado também, a gente se espelha neles e, com certeza, a gente quer um dia fazer tal como eles fizeram.” (Cad. 4).

“Para mim, o líder mostra um caminho através do exemplo dele, da conduta dele dentro da rotina também, através do que ele faz, do trabalho dele.” (Cad. 5).

“Porque não tem como uma pessoa querer liderar ou motivar um grupo a, sei lá, acordar três horas da manhã para terminar um serviço, se ele só vai chegar à instrução oito horas, mas os subordinados dele têm que chegar às três horas para resolver.” (Cad. 8).

“Para você ser líder, alguém tem que olhar para você e meio que entregar um pouco da vida dela [...]. Então ela olha para você e toma você como exemplo e aí, no momento em que ela estiver sem saber o que fazer, ou então, que ela precisar de algum auxílio, ela vai jogar essa dúvida, essa escolha dela na mão do líder; acho que é basicamente isso.” (Cad. 18).

Algumas outras características também aparecem nas narrativas deles ao falar sobre liderança, como, por exemplo, a empatia (Cad.2, Cad.9; Cad.18) e a facilidade de comunicação (Cad.7; Cad.8; Cad.9).

Paiva (2008), ao falar sobre a construção do líder militar, aponta, entre os aspectos a serem desenvolvidos e aperfeiçoados, a humanidade. Os outros aspectos seriam a competência, a coragem moral e física e a austeridade. Ele coloca que a humanidade “*revela-se pelo senso de justiça, pela disposição para ouvir e pelo interesse em conhecer e apoiar o subordinado.*” (PAIVA, 2008, p. 81).

Nesse aspecto, também surge o fator humano na fala de alguns entrevistados, como elemento importante na conceituação de liderança.

“[...] eu acho que tem que ter uma habilidade, tem que saber lidar com as pessoas, porque isso é importante, quando você está lidando com seres humanos e lidar com pessoas é muito difícil.” (Cad. 6).

“Mas eu acho que tem muito a ver com isso, com relacionamento humano e como você usa os diversos aspectos do relacionamento humano, de questões de confiança, de como a pessoa é, de como você fala, para daí, conseguir esse objetivo comum. Liderança para mim passa por você se relacionar com as pessoas, saber se relacionar com as pessoas.” (Cad. 17).

Liderança também surge nas respostas como sinônimo de aconselhamento, mudança de comportamento, fidelidade de propósito, como se percebe nas falas seguintes:

“Porque não adianta nada eu aconselhar alguém e não saber como aquela pessoa está se sentindo psicologicamente, como está a vida dela em casa, como está a vida profissional dela [...]. Não é tomar os problemas do liderado, isso é diferente, mas é olhar, identificar o problema e tentar fazer com que eles resolvam, né? Acho que é mais isso.” (Cad. 18).

Essa outra fala vai um pouco mais além, quando o cadete ressalta a importância de dar sentido àquilo que se faz, como condição para o exercício da liderança.

“Quando eu, nessa função, consigo despertar no meu subordinado, no caso, essa figura do respeito, ele reconhece aquela pessoa ali, olha aquela pessoa como uma referência para ele e ele tem um respeito e respeita, digamos assim, as ordens, as considerações que ele faz; não simplesmente a cumpre pela estrutura hierárquica da instituição. Eu acho que quando eu consigo despertar em uma pessoa uma sensibilidade para ela entender porque ela faz aquilo, dar sentido ao que ela faz, quando uma pessoa consegue despertar isso na outra, eu entendo isso como ele consegue liderar um grupo.” (Cad. 15).

Ao conceituar liderança, Moura (2008) fala sobre influenciar comportamentos e cognições; isso também pode ser visto, parcialmente em algumas respostas:

“Liderança é a arte de influenciar pessoas [...] conseguir até mesmo mudar o comportamento...” (Cad. 10).

“Então, para mim, liderança é isso, influenciar os outros a agirem de determinado jeito, corretamente.” (Cad. 2).

Em complementação à ideia de mudança de comportamento, como sinônimo de liderança, vemos também um posicionamento que entende a liderança como indo além da mudança comportamental.

“... para mim a liderança é tu te expor na frente das outras pessoas a fim de que tu mude o pensamento delas ou que tu consiga fazer com que elas melhorem, sabe?” (Cad. 11).

No conceito de Moura (2008), influenciar cognições e comportamentos significa atuar sobre as formas de pensar e de agir do grupo de liderados, o que também é um desafio, pois mudar comportamentos não é o mais difícil, já que basta uma contingência de reforçadores para que um comportamento se repita conforme o desejado; já mudar formas de pensar implica outro tipo de transformação. Isso também apareceu na fala de um cadete.

“A gente tem que fazer as coisas, porque a gente acredita naquilo, né, e não simplesmente porque mandaram. Claro, existem situações em que a gente deve fazer isso sem pensar, como, no caso, um piloto, tem que soltar uma bomba e foi orientado; o comandado tem que acreditar no líder [...] é a pessoa ter confiança de que o líder está fazendo isso para o bem dela...” (Cad. 3).

Também aparece muito a expressão “fidelidade de propósito” como um balizador para o comportamento do líder.

“Outra coisa que eu vejo que é essencial é a nossa consciência de que está fazendo algo com uma honestidade de propósito, algo por um bem maior, independente de se isso vai prejudicar o liderado.” (Cad. 3).

“O que eu considero fundamental é a fidelidade de propósito, antes de tudo; o líder aqui na Academia ele vai estar à frente da turma o tempo todo, ele vai ser obrigado a tomar decisões; que essas decisões elas tenham realmente um propósito, que elas tenham um sentido...” (Cad. 13).

“Para exercer a liderança, primeiro tem que querer, tem que estar disposto a fazer isso com honestidade de propósito, porque só ser investido de ser líder não faz dele um líder, por ele ser o mais antigo ou etc. [...] então, eu acho que precisa querer, ele precisa correr atrás de informação; eu particularmente corro atrás de informações do mundo empresarial, de liderança militar [...] converso com outras pessoas para poder buscar essas informações.” (Cad. 16).

Essas últimas falas chamam a nossa atenção para outro aspecto que consideramos bastante importante na aprendizagem sobre a liderança e que também procuramos investigar neste trabalho, e diz respeito as quais são as referências buscadas pelos cadetes para o exercício dessa liderança, ou ainda, onde eles se apoiam para exercitá-la, no sentido de autores, livros, experiências anteriores, etc.

Paiva (2008) fala sobre a necessidade de o líder ser um autodidata e de buscar a leitura de obras que se relacionem a diversas disciplinas no seu campo de atuação, entre elas, a liderança.

Ao definir liderança, poucos cadetes falam sobre a importância de uma busca teórica sobre o tema, como teorias e abordagens desse fenômeno. E não podemos negligenciar essa parte, afinal, “a única maneira de se obter respostas mais consistentes e úteis às grandes questões que giram em torno deste tema é através de uma postura científica para lidar com a sua complexidade” (MOURA, 2008, p. 42).

Um dos cadetes participantes da pesquisa afirma que, em Barbacena, na escola preparatória,

“sempre mostravam pra gente a questão de literaturas que tratam a respeito disso: ‘Líder 360º’; ‘Como se tornar um líder servidor’; ‘O monge e o executivo’.” (Cad. 7).

“Fidelidade de propósito para mim é o principal; como secundário, eu diria o conhecimento; o conhecimento é a busca, né, a vontade de estar sempre se aperfeiçoando.” (Cad. 13).

“Existem vários conceitos que eu lembro que, quando eu fui adaptador, já foi passado para mim e quando eu assumi a liderança de Esquadrão também foi passado; conceitos teóricos, né, tentando definir os tipos de liderança, qual a liderança que nós gostaríamos que ocorresse aqui, então a gente entra no campo da liderança transformacional, transacional; só que antes disso ainda tem mais aquela básica que é aquela em que “liderança é a arte de você influenciar um grupo, com um objetivo em comum” [...]. Então... se for resumir, de maneira bem simples mesmo, seria você convencer e influenciar através dos seus atributos, ou então, através da fala, do trabalho, das suas experiências, um grupo de jovens que está entrando aqui na Academia para um objetivo, que é estar trabalhando para o país no final do 4º ano.” (Cad. 13).

Muito interessante foi perceber como um cadete se deu conta de que o tema liderança era algo a ser estudado:

“Desde o 1º ano, quando eu tive aula com a senhora, que eu comecei a ver liderança como uma coisa que a gente estudava, porque eu vim da especialista, né, da Escola Especialista; lá a gente não tinha... teve negócio de liderança, mas era aquele negócio dos três, né, ‘laissez-faire’, autoritarismo, e uma coisa assim... [...] Aí eu fiquei tentando me encaixar num dos três porque eu achava que era aquilo ali, né? Só que daí, vindo aqui pra AFA, na matéria da senhora, a gente viu que era um pouco diferente. E comecei a pensar ‘poxa, é estudável isso, né?’

Aí comecei a correr atrás de informação, de procurar; aí descobri que não tem só essas; tem a transformacional, a transacional, tem situacional e por aí vai, várias outras. Aí eu comecei a me interessar pela liderança militar também, e fui procurar na internet também e não encontrei. Aí busquei material em inglês, porque tem um pouco mais de coisa; também os americanos têm um manual de liderança deles. [...] Aí eu continuei buscando mais informações no meio militar, no meio civil, aí eu procurei o curso da FGV; descobri que o gestor de projetos, ele é um líder, assim, lá no meio civil, que é o cara que gerencia as coisas etc. Aí eu fiz o 'gestão de projetos', fiz ano passado. Aí eu vi como é que funcionava, o curso falava de liderança, liderança transformacional também, [...] Aí eu fui me aprofundando mais, aí descobri que tem a situação da liderança estratégica [...]” (Cad. 16).

E ele vai falando, com muita empolgação, do que tem aprendido sobre o tema; fala ainda de uma série estratégica da Fundação Getúlio Vargas (FGV), onde ele tem visto sobre competências gerenciais, mentoria, a qual ele relaciona com o que é feito na AFA, enfim, há uma busca por mais conteúdos. E, nessa busca, ele vai descobrindo erros e acertos que comete ao colocar em prática a “sua” liderança.

Essa ideia da autocrítica é reforçada por Paiva (2008), ao colocar o autoconhecimento e a autocrítica como condição para o aperfeiçoamento do futuro oficial, e por Barreto (2017) que aponta a necessidade de o futuro líder ter uma consciência clara e objetiva do que lhe é necessário desenvolver ou aprimorar para exercer suas funções de Comando e Chefia.

Por essa razão, devemos considerar que, por essas condições de complexidade, é imposto ao oficial o desempenho de diversas funções de comando, tanto em nível tático quanto em nível diplomático, “o que significa que, para além do treino, o oficial tem de possuir um sentido crítico que lhe permita analisar novas situações” (ROSINHA, 2016, apud BARRETO, 2017, p. 19).

Em relação à pesquisa realizada, pudemos ver que, ao mesmo tempo em que os sujeitos falavam sobre suas experiências, podiam ressignificá-las. No dizer de Giroux e Mc Laren (1993, p. 26),

apenas quando podemos nomear nossas experiências – dar voz a nosso próprio mundo e afirmar a nós mesmos como agentes sociais ativos, com vontade e um propósito – podemos começar a transformar o significado daquelas experiências, ao examinar criticamente os pressupostos sobre os quais elas estão construídas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fato que

hoje em dia não se pode mais desvincular a educação da pesquisa. Os melhores estabelecimentos de ensino são de fato os que deixaram de ser meros reprodutores e passaram à condição de produtores de conhecimento. (MOURA, 2008, p. 46).

Na Academia da Força Aérea, a própria dinâmica das situações de ensino vivenciadas pelos cadetes não possibilita espaços nos quais eles possam falar ou mesmo escrever sobre as histórias ou experiências vividas, o que acaba por prejudicar a tomada de consciência dessas situações e um (re)pensar sobre elas.

Desse modo, as próprias ações e condutas desenvolvidas e muitas delas relacionadas ao fenômeno da liderança não são refletidas. Não se quer dizer com isso que a capacidade de pensar esteja ausente, mas que as aprendizagens se dão muito mais pela cópia de um modelo, nem sempre o mais adequado, do que por reflexões sobre produções científicas e teóricas a respeito de um determinado tema. Isso impede que o sujeito tenha visibilidade dele próprio e de seu agir, tornando as ações muito automatizadas e, quase sempre, não pensadas e tomadas em função de atender aos princípios e normas da organização.

“Eu estou vendo muito terceiro ano, por exemplo, que não sabe para onde vai; ele sabe que tem que fazer, mas ele fica inseguro, fica com medo da reação do mais antigo; eu passei por isso também, de saber que tem que fazer, mas às vezes você não age, não toma o papel da liderança, não atua com medo do mais antigo.” (Cad. 16).

Daí pensarmos que essas narrativas não foram apenas o nosso recurso metodológico, mas um instrumento utilizado na própria formação do cadete.

Sabe-se que o cadete pensa a respeito daquilo que por ele é realizado, porém, na maior parte das vezes, não encontra espaço propício e adequado ou não possui qualquer tipo de mediação para narrar e relatar tais vivências, o que o ajudaria a reconstruir e reelaborar esse conceito.

Também concordamos com Moura (2008), ao dizer que há uma grande influência de suposições sobre o fenômeno da liderança, constituindo um imaginário social nesse campo, o que coloca como urgência a realização de pesquisas nessa área. E no caso da liderança militar

observa-se a mesma lacuna – a falta de um programa de pesquisas atualizadas que visem acompanhar no campo os efeitos dos empreendimentos de seleção/capacitação de líderes. (MOURA, 2008, p. 46).

Por essa razão, pensamos que pesquisas dessa natureza possam contribuir, de forma significativa, para o processo de formação do oficial militar.

Desejamos que, a partir dessa primeira produção escrita, muitas outras possam vir na sequência; isso, com certeza, traria enormes contribuições ao processo formativo dos nossos futuros oficiais, possibilitando pensar e problematizar o fenômeno da liderança sob diversas óticas e perspectivas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. F. **Liderança Full Range no Corpo de Cadetes da Aeronáutica**. 2018. 43f. Trabalho de conclusão de curso. Academia da Força Aérea. Pirassununga, SP, 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Manual do Cadete da Aeronáutica**. Pirassununga, SP: AFA, 2016.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PEMAER): 2016-2041**. Brasília, DF: EMAER, 2016.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Proposta de planejamento estratégico Academia da Força Aérea 2015 – 2030**. Pirassununga, SP: AFA, 2014.

BARRETO, L. M. D. F. **Desenvolvimento de competências de liderança no ensino superior militar**. Trabalho de investigação individual do CEMC (Curso de Estado-Maior Conjunto). Instituto Universitário Militar, Departamento de Estudos Pós-Graduados, Pedrouços, Portugal, 2017.

BERGAMINI, C. W. **Liderança: administração do sentido**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

BERGAMINI, C. W.; CODA, R. **Psicodinâmica da vida organizacional: motivação e liderança**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1997.

CATANI, D. B. Práticas de formação e ofício docente. In: BUENO, B. O., CATANI, D. B. e SOUZA, C. P. de. (org.). **A vida e o ofício dos professores: formação contínua, autobiografia e pesquisa em colaboração**. São Paulo: Escrituras, 1998.

CUNHA, S. C. **Preditores da emergência da liderança em contexto militar: O papel da auto liderança e dos traços de personalidade**. Dissertação de Mestrado em Liderança, pessoas e organizações. Departamento de Estudos de Pós-Graduados da Academia Militar, Lisboa, 2016.

CUNHA, M. I. da. Conta-me agora!: as narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino. **Rev. Fac. Educ.**, São Paulo, v. 23, n. 1-2, Jan. 1997.

GIROUX, H.; MACLAREN, P. Linguagem, escola e subjetividade: elementos para um discurso pedagógico crítico. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v.18, n. 2, p. 21-35, jul./dez. 1993.

GOLEMAN, D. Liderança que obtém resultados. In: **Liderança: os melhores artigos da Harvard**

Business Review. Rio de Janeiro: Editora Campos/Elsevier, 2006a.

GOLEMAN, D. O que faz um líder? In: **Liderança: os melhores artigos da Harvard Business Review**. Rio de Janeiro: Editora Campos/Elsevier, 2006b.

MOSCOVICI, F. **A organização por trás do espelho: reflexos e reflexões**. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2008.

MOURA, W. Liderança nas organizações: o dilema do real e do aparente. n: **Jornadas de Psicologia do Serviço de Seleção do Pessoal da Marinha**, 2009, Rio de Janeiro. Serviço do Pessoal da Marinha – Jornadas de Psicologia – Coletânea de textos, 2008, v. 52, p. 42-46.

PAIVA, L. E. R. O líder militar: uma visão pessoal. **PADECEME**. Rio de Janeiro, n.19, 3º quadrimestre, 2008.

PINEAU, G. As histórias de vida em formação: gênese de uma corrente de pesquisa-ação-formação existencial. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 329-343, maio/ago. 2006.

ROBBINS, S. P. **Fundamentos do comportamento organizacional**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

ROBBINS, S. P.; JUDGE, T. A.; SOBRAL, F. **Comportamento organizacional**. 14. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

VALENTE, T. A. **Capacitação de liderança militar: Análise de resultados**. 2016. Disponível em: <http://www.arqanalagoa.ufscar.br/abed/integra/t%C3%BAlio%20valente%2012-08-07.pdf>. Acesso em: 25 jul. 16.

VARGAS, G. A. **O exemplo como um dos fatores determinantes na aprendizagem da liderança na AFA**. 2018. 42f. Trabalho de conclusão de curso. Academia da Força Aérea. Pirassununga, SP, 2018.

VIZIOLI, M.; CALEGARI, M. da L. C. **Liderança: a força do temperamento**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

WORTMEYER, D. S. **“Líder ou instrutor?” Reflexões sobre o papel da autoridade no processo de socialização militar**. 2016. Disponível em: <http://www.ensino.eb.br/portaledu/conteudo/artigo9622.pdf>. Acesso em: 25 jul. 16.

A influência da compreensão dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica

The influence of pilots' understanding of the interaction of risk factors in the maximum effort landing operation in Antarctica

La influencia de la comprensión de los pilotos sobre la interacción de los factores de riesgo en la operación de aterrizaje de máximo esfuerzo en la Antártida

Joyce de Souza Conceição¹

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo identificar qual é a influência da compreensão dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica. Para isto, inicialmente procedeu-se pesquisa documental, a fim de determinar, dentre os fatores de planejamento do pouso de máximo esforço, quais aqueles que se constituem fatores de risco no contexto Antártico. Por meio da aplicação do arranjo de matrizes proposto pelo Método Brasileiro de Análise de Riscos, as variáveis identificadas foram classificadas de acordo com suas características de motricidade e dependência. Após isto, foi realizado levantamento junto aos pilotos do Quadro de Tripulantes Antárticos, buscando verificar qual era a compreensão daqueles tripulantes quanto à interação entre os fatores, os quais foram igualmente submetidos a um arranjo de matrizes e classificados de acordo com o método proposto por Brasileiro (2006). A comparação entre a classificação aferida na pesquisa e a percebida pelos pilotos indicou diferenças na localização dos fatores “vento”, “contaminação” e “ponto de toque”, os quais foram compreendidos pelos tripulantes como os de menor influência no sistema. Sendo assim, verificou-se que tal diferença observada pode ser indicio de uma baixa Consciência Situacional no nível “compreensão”, o qual, segundo Endsley (1999), refere-se à habilidade de compreender, interpretar e avaliar dados. Após

tais constatações, concluiu-se que a compreensão inadequada a respeito da interação dos fatores de risco pode concorrer para acidentes ou incidentes na operação em SCRM, aumentando a possibilidade de eventos como saídas de pista ou perdas de controle lateral da aeronave.

Palavras-chave: Antártica. Pouso de Máximo Esforço. Fatores de Risco. Compreensão.

ABSTRACT

This research aimed to identify the influence of pilots' understanding of the interaction of risk factors in the maximum effort landing operation in Antarctica. In this regard, a documentary investigation was initially carried out to determine, among the planning factors of the maximum effort landing, which ones are risk factors in the Antarctic context. By applying the matrix arrangement proposed by the Brazilian Risk Analysis Method, the identified variables were classified according to their motor and dependency characteristics. Next, a survey was conducted with the Antarctic Crew Charter pilots to verify what crew members understood regarding the interaction between factors, which were also subjected to a matrix arrangement and classified according to the method proposed by Brasileiro (2006). The comparison between the classification obtained in the survey and the pilots' perception indicated differences in the

I. Primeiro Esquadrão do Primeiro Grupo de Transporte (1º/1º GT) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Bacharel em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea. E-mail: joyceconceicao@gmail.com

Recebido: 26/09/2019

Aceito: 18/02/2020

location of the factors “wind”, “contamination” and “point of contact”, which were understood by the crew members as those with less influence on the system. Therefore, it was found that such difference may be an indication of a low situational awareness at the level of “understanding”, which refers to the ability of understanding, interpreting and evaluating data, according to Endsley (1999). After such findings, it was concluded that an inadequate understanding of the interaction of risk factors can contribute to accidents or incidents in the operation in SCRM, increasing the possibility of events such as runway departures or loss of lateral control of the aircraft.

Keywords: *Antarctica. Maximum landing effort. Risk factors. Understanding.*

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo identificar la influencia de la comprensión de los pilotos sobre la interacción de los factores de riesgo en la operación de aterrizaje de máximo esfuerzo en la Antártida. Para ello, inicialmente se realizó una investigación documental para determinar, entre los factores de planificación del aterrizaje de esfuerzo máximo, cuáles son factores de riesgo en el contexto antártico. Mediante la aplicación del arreglo matricial propuesto utilizando el Método de Análisis de Riesgos de Brasileño, las variables identificadas se clasificaron de acuerdo con sus características motoras y de dependencia. Después de esto, se realizó una encuesta con los pilotos del Personal de la Tripulación Antártica, para verificar qué entendían aquellos miembros de la tripulación con respecto a la interacción entre los factores, que también fueron sometidos a un arreglo de matriz y clasificados de acuerdo con el método propuesto por Brasileño (2006). La comparación entre la clasificación obtenida en la encuesta y la percibida por los pilotos indicó diferencias en la ubicación de los factores “viento”, “contaminación” y “punto de contacto”, que los miembros de la tripulación entendieron como aquellos con menos influencia en el sistema. Por lo tanto, se encontró que tal diferencia observada puede ser una indicación de baja Conciencia Situacional en el nivel de “comprensión”, que según Endsley (1999), se refiere a la capacidad de comprender, interpretar y evaluar datos. Después de tales hallazgos, se concluyó que una comprensión inadecuada de la interacción de los factores de riesgo puede contribuir a accidentes o incidentes en la operación en SCRM, aumentando la posibilidad de eventos como salidas de pista o pérdida del control lateral de la aeronave.

Palabras clave: *Antártida. Máximo esfuerzo de aterrizaje. Factores de riesgo. Comprensión.*

1 INTRODUÇÃO

O Primeiro Esquadrão do Primeiro Grupo de Transporte (1º/1ºGT), Esquadrão Gordo, é Unidade da Força Aérea Brasileira sediada no Rio de Janeiro, que tem como missão institucional capacitar suas equipagens e equipe de manutenção para emprego em combate em períodos de conflito e adestrar-se para cumprimento das missões atribuídas em tempo de paz, utilizando a aeronave C-130H (Hércules) em missões de Transporte Aereológico, Ressuprimento Aéreo, Reabastecimento em Voo, Missões Humanitárias e de Busca e Salvamento (BRASIL, 2017).

No escopo das missões de Transporte Aereológico, existem aquelas em apoio ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), as quais ocorrem desde o ano de 1983, com o transporte de pesquisadores, equipamentos, alimentos e militares para guarnecer a Estação Brasileira Comandante Ferraz (BRASIL, 2014). O pouso no Continente Gelado é realizado no aeródromo Teniente Rodolpho Marsh Martin (SCRM), localizado na Península Antártica.

Devido às características daquele aeródromo, faz-se necessário executar a técnica de operação de máximo esforço, a qual, segundo o manual de voo, “é aquela que requer o uso de procedimento fora dos parâmetros normais de decolagem e pouso, devido ao comprimento ou condições da pista” (BRASIL, 2006a, p. 5-38).

A realização do pouso de máximo esforço em SCRM é crítica, pois alguns fatores característicos da região elevam sobremaneira o grau de complexidade da manobra. Faz-se necessário, por exemplo, a manutenção de um perfil de aproximação adequado sob condições de forte vento cruzado, pois esta situação, quando combinada com um elevado nível de contaminação da pista com gelo, neve ou lama, pode levar à total perda do controle da aeronave no solo. Por esse motivo, os tripulantes antárticos são selecionados somente após atingirem no mínimo a marca de 700 horas de voo de C-130 e se tornarem instrutores da aeronave, passando ainda pela avaliação de um Conselho Operacional.

Neste contexto, por meio de consulta aos arquivos da Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes, verificou-se que nos últimos cinco anos, durante as operações de pouso e decolagem na Antártica, ocorreram um acidente, no ano de 2014 (FAB 2470), um incidente, no ano de 2016 (FAB 2475), além de algumas situações anormais reportadas em Relatórios de Prevenção (RELPREV¹) em 2017, em episódios nos quais, de acordo com os relatórios produzidos em cada ocasião,

¹ Relatórios voluntários, preenchidos por tripulantes ou não, visando reportar situação de risco em potencial, visando a prevenção de acidentes futuros.

o julgamento pode ter influenciado nas ocorrências. Segundo dados estatísticos da aviação brasileira apresentados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes (CENIPA²), o deficiente julgamento se fez presente em 58% dos acidentes ocorridos no Brasil entre os anos de 2006 e 2015 (ALMEIDA, et al., 2016).

Tal cenário fez surgir uma inquietação na autora, a qual, tendo atuado como Oficial de Segurança de Voo desde o ano de 2014 e ingressado no Quadro de Tripulantes (QT) Antártico no ano de 2015, observou, em uma análise preliminar dos relatórios acima mencionados, que poderia estar ocorrendo uma compreensão inadequada dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação na Antártica, com possíveis implicações na segurança operacional, pois um inadequado nível de compreensão poderia ser reflexo de uma baixa Consciência Situacional (C.S.), definida por Mica Endsley (1999, p. 258) como “a percepção dos elementos no meio existente em um volume de tempo e espaço, a compreensão de seu significado e a projeção de seu *status* no futuro próximo”.

Desta inquietação, surgiu o seguinte problema de pesquisa: qual é a influência da compreensão dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica?

Tendo como base este problema, foram elaboradas as seguintes questões norteadoras (QN):

QN1: Dentre os fatores de planejamento do pouso de máximo esforço, quais se constituem fatores de risco na operação Antártica?

QN2: Qual é a interação entre os fatores de risco da operação de pouso de máximo esforço na Antártica?

QN3: Qual é a compreensão dos pilotos a respeito da interação entre os fatores de risco da operação de pouso de máximo esforço na Antártica?

Em seguida, o objetivo geral deste Artigo foi estabelecido: analisar qual é a influência da percepção dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica.

Por fim, foram definidos os objetivos específicos (OE) da pesquisa:

OE1: Identificar, dentre os fatores de planejamento do pouso de máximo esforço, quais aqueles que se constituem fatores de risco na operação Antártica.

OE2: Identificar qual é a interação entre os fatores de risco da operação de pouso de máximo esforço na Antártica.

OE3: Identificar qual é a compreensão dos pilotos a respeito da relação de influência entre os fatores de risco da operação de pouso de máximo esforço na Antártica.

Definidos os objetivos, cabe ressaltar a importância da pesquisa em tela para o Comando da Aeronáutica e para o 1º/1ºGT, uma vez que as conclusões apresentadas poderão ser úteis para promover ou elevar a segurança operacional nas missões em apoio ao Programa Antártico Brasileiro, prevenindo acidentes e minimizando a perda de recursos materiais e humanos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As teorias de análise de risco têm como objetivo explicitar o nível do risco e sua natureza e podem auxiliar na tomada de decisão frente a diversas situações, como em operações aéreas. Para Brito (2007), risco é a possibilidade do acontecimento de evento que afete negativamente um cenário. Brasiliano (2006), por sua vez, define risco como uma condição que aumenta ou diminui o potencial de eventos negativos em um sistema, e afirma que os fatores de risco são a origem ou a causa de um determinado perigo. À luz destas definições, verifica-se que no cenário da operação antártica, os riscos podem estar relacionados às condições ambientais ali encontradas, as quais levam a um determinado perigo, neste caso, à ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos.

Desta forma, para que seja possível realizar um eficiente processo de avaliação e análise dos riscos em cenários com grande quantidade de variáveis presentes, a exemplo do encontrado na Antártica, Brasiliano (2009) estabelece que os fatores envolvidos podem ser considerados a partir de suas características de motricidade (influência) ou dependência, de maneira que possibilite definir quais aqueles que são essenciais à evolução do sistema. Sendo assim, Michel Godet (2006), na obra “La Prospective Stratégic”, propõe uma classificação das variáveis de um sistema entre: ligação, motrizes, dependentes e independentes.

Para estes autores, são variáveis de ligação aquelas que possuem valores máximos de motricidade e dependência. Segundo Brasiliano (2006), qualquer ação sobre elas repercutirá nas demais e o efeito retornará sobre si mesmo. Quanto às variáveis motrizes, estas representam os fatores que condicionam o restante do sistema. São muito influentes e pouco dependentes, consideradas como principais do sistema estudado, pois determinam a dinâmica do conjunto, e por conta disso, devem ser objeto de atenção prioritária. As variáveis dependentes, por sua vez, são altamente influenciáveis e pouco motrizes. Sua evolução ocorre de acordo com a evolução das demais. Por fim, as variáveis

² Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes – principal órgão responsável por gerenciar o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes (SIPAER) no Brasil.

independentes representam as variáveis autônomas, que não se constituem fatores determinantes no cenário. São pouco dependentes e pouco motrizes, e podem até serem excluídas do sistema sem maiores consequências (GODET, 1993).

A classificação das diversas variáveis relevantes no planejamento das missões de pouso na Antártica é oportuna, pois segundo Godet (1993), a comparação entre as variáveis permite confirmar a importância de certos fatores, e também revelar aqueles que, por meio de ações indiretas, desempenham papel relevante, o qual não seria facilmente detectado se analisado individualmente.

Gava (2011, p. 51), por sua vez, afirma que esta classificação pode ser adequada à atividade aérea, “pois deixa claro quais fatores são os mais influenciadores dos demais e, dessa forma, torna possível priorizar as medidas mitigadoras a fim de economizar tempo e recursos”, corroborando a viabilidade da aplicação de teorias que hierarquizem os fatores de risco na operação na Antártica.

A partir desta visão, faz-se oportuno também considerar os aspectos relacionados à Consciência Situacional (CS), definida por Mica Endsley (1999, p. 258) como “a percepção dos elementos no meio existente em um volume de tempo e espaço, o entendimento de seu significado e a projeção de seu *status* no futuro próximo”. A CS é classificada em três níveis: Percepção, Compreensão e Projeção.

No primeiro nível, a Percepção, Endsley (1999) postula que o piloto deve perceber o estado, os atributos e a dinâmica dos elementos relevantes do ambiente e no contexto, como as condições climáticas, o estado da pista em uso e demais fatores que condicionam a operação antártica, por exemplo.

O nível Compreensão, segundo a teórica, refere-se à habilidade de compreender, interpretar e avaliar os dados, tendo como resultado um claro entendimento de como os elementos identificados no nível Percepção influenciam para a consecução dos objetivos definidos. No cenário encontrado em SCRM, onde muitas decisões necessitam serem tomadas em um curto espaço de tempo, uma compreensão adequada dos elementos ambientais presentes pode se constituir fator determinante para que sejam atingidos os objetivos e para o sucesso da operação.

Quanto ao terceiro nível da CS, a Projeção, esta envolve a antecipação e a simulação mental, de maneira a averiguar, em um cenário percebido e compreendido, quais são os elementos e estados prováveis, projetando-os para o futuro. É o nível mais alto da CS, e não foi objeto desta pesquisa, cuja metodologia, conforme será visto adiante, permite tão somente verificar se os pilotos do QI Antártico percebem e compreendem corretamente como interagem os fatores de risco da operação.

Neste contexto, cabe salientar que, segundo Endsley (1999), a falha no nível Percepção é responsável por cerca de 72% dos acidentes em que há a perda da C.S. entre os fatores contribuintes, estando o nível Compreensão presente em outros 22% das ocorrências. Portanto, nas operações de pouso em cenários complexos, como o encontrado na Antártica, adequados níveis de percepção e de compreensão são fatores que não podem ser negligenciados.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi classificada como descritiva (GIL, 2002), pois além de ter identificado as características da operação de máximo esforço na Antártica, estabeleceu uma relação entre a interação dos fatores de risco pesquisados, e a compreensão dos pilotos acerca desta interação, de maneira que permitisse verificar qual é a influência da compreensão dos pilotos na operação de pouso na Antártica.

A fim de alcançar os objetivos específicos, foram elaborados os seguintes passos no plano de trabalho: identificação dos fatores de risco presentes no cenário antártico, aplicação dos dados no arranjo de matrizes proposto pelo Método Brasileiro, levantamento junto aos pilotos visando identificar sua compreensão sobre a interação dos fatores e comparação de resultados.

Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, foi realizada inicialmente uma pesquisa documental junto aos manuais de voo e de desempenho da aeronave, Manual Antártico, Manual de Procedimentos, além de publicações da *Federal Aviation Administration*³ (FAA) e da *Flight Safety Foundation*⁴ (FSF), de maneira a caracterizar as condições da operação de pouso na Antártica, e identificar, dentre as variáveis de planejamento, aquelas que se constituem fatores de risco, de acordo com a definição de Brasiliano (2006), viabilizando a elucidação da QN1.

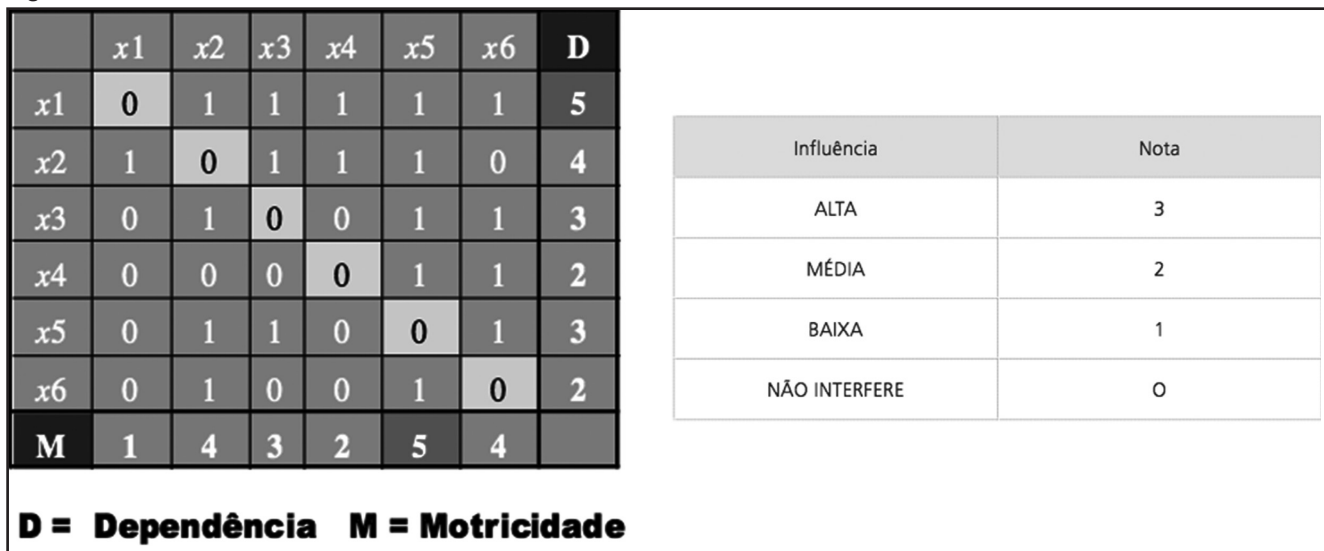
Para elucidar a QN2, e assim estabelecer qual é a relação de interdependência entre as variáveis, os fatores identificados por meio da pesquisa documental foram inseridos em um arranjo de matrizes proposto por Brasiliano (2009): Matriz de Impactos Cruzados (MIC) e Matriz de Vulnerabilidade (MVul).

A MIC permite avaliar as interdependências entre os fatores, quantificando a conexão entre eles. Nesta matriz, os dados são inseridos de cima para baixo, avaliando-se como o fator de cada coluna influencia no fator das linhas. No exemplo abaixo, na primeira coluna, verifica-se que fator “x1” exerce grau 1 de influência (baixa influência) sobre o fator “x2”, e nenhuma influência sobre os demais.

³ FAA: Entidade governamental do Estados Unidos que regulamenta diversos aspectos da aviação civil americana (FAA, 2016a).

⁴ FSF: organização internacional independente, cujo objetivo é proporcionar, de forma imparcial, orientação especializada em segurança de voo para a comunidade aeronáutica (BRASIL, 2016a).

Figura 1 - MIC e Quadro de Valores.



Fonte: Brasileiro (2009, p. 34).

Sendo assim, conforme prevê o método (BRASILIANO, 2009), em cada cruzamento entre os fatores de risco, deve ser atribuído um grau de 0 a 3, definido a partir da constatação da influência de cada fator sobre o outro. Na pesquisa em tela, esta constatação se deu prioritariamente por meio da análise dos gráficos do manual da aeronave. Por exemplo, ao cruzar o fator peso com o fator distância de pouso, verificou-se que um aumento de 10mil libras (equivalente a uma quadrícula) no peso, correspondente a um aumento de aproximadamente 10% na distância de pouso. Ao cruzar o fator peso com o fator limite de vento, verificou-se, por outro lado, que um aumento de 10mil libras no peso ocasiona um aumento de 4% no limite de vento recomendado, e assim por diante. O fator de maior influência verificado no gráfico apontou uma influência de 30% sobre a outra variável; o menor, cerca de 4%; e medianos, em torno de 10%. Desta maneira foram adotados os seguintes parâmetros na definição dos valores a serem inseridos na matriz:

- Grau 0 – 0% – não influencia;
- Grau 1 – 1 a 5% – influencia fracamente
- Grau 2 – 6 a 15% – influencia moderadamente
- Grau 3 – 16 a 30% – influencia fortemente

Os cruzamentos que, por suas características, não puderam ser mensurados de maneira quantitativa, por meio dos gráficos, foram analisados à luz das diversas literaturas que discorrem sobre os temas relacionados à segurança nas operações de pouso, como as publicações da FAA e da FSF sobre os temas “Aproximação Estabilizada” e “ALA” (*Approach and Landing Accident*).

Após finalizada a inserção dos dados na MIC, deve-se efetuar a soma de cada coluna (M) e cada linha (D), determinando assim o valor total de motricidade e de dependência das variáveis. No exemplo da Figura 1, verifica-se que o fator “x1”, por exemplo, possui total de 1 de motricidade e 5 de dependência.

A seguir, deve-se calcular o ponto médio dos eixos que permitirão construir o gráfico da MVul, onde o eixo das abcissas corresponde aos valores de dependência e o eixo das ordenadas aos de motricidade, utilizando as seguintes equações:

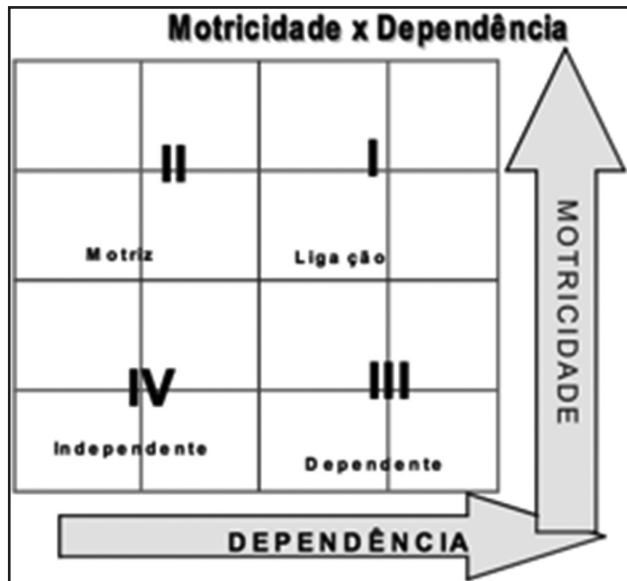
Figura 2 - Equações para Cálculo dos Pontos Médios Motriz e Dependente.

$PM = \frac{VM + vM}{2}$	PM = Ponto Médio da Motricidade VM = Valor mais alto de motricidade vM = Valor mais baixo da motricidade
$PD = \frac{VD + vD}{2}$	PD = Ponto Médio da Dependência VD = Valor mais alto da dependência vD = Valor mais baixo da dependência

Fonte: Brasileiro (2009, p. 35).

Uma vez localizados os pontos médios, os quadrantes são delimitados, e os fatores, por fim, posicionados na MVul, um arranjo que permite que as variáveis sejam classificadas de acordo com sua localização na matriz. Conforme verifica-se na figura abaixo, no quadrante I estarão localizadas as variáveis de ligação, no II, as variáveis motrizes, no III, as variáveis dependentes, e no IV, as variáveis independentes.

Figura 3 - Matriz de Vulnerabilidade.



Fonte: Brasileiro (2009, p. 35).

Por meio desta classificação foi possível estabelecer, de acordo com as definições de Godet (1993) e Brasileiro (2009), qual é a interação entre os fatores, viabilizando a elucidação da QN2.

No passo seguinte, com o objetivo de identificar a compreensão dos pilotos acerca dos fatores de risco, e assim, elucidar a QN3, foi realizado um levantamento, por meio de um questionário confeccionado na plataforma *Google Forms*, dirigido ao universo de pilotos que pertencem ou pertenceram ao QT Antártico entre os anos de 2015 e 2017, correspondendo a um total de 17 indivíduos. Tal recorte temporal visou restringir a pesquisa ao período pós acidente ocorrido em 2014, evento a partir do qual, por meio das recomendações emitidas pelo CENIPA, diversos aspectos da doutrina foram reforçados (BRASIL, 2016b). Todos os 17 tripulantes responderam o formulário, de maneira que a amostra correspondeu a 100% do universo delimitado.

O questionário possuía 6 itens, por meio dos quais os pilotos foram indagados sobre o quanto acreditavam que determinado fator de risco influenciava os demais, com opções entre “não influencia”, até “influencia fortemente”. Os dados foram compilados e submetidos ao arranjo MIC/MVul, com o intuito de elucidar a QN3 e assim obter um modelo para futura comparação.

Finalmente, foi realizada uma análise qualitativa dos dados, comparando-se as duas MVul confeccionadas.

Observou-se inicialmente como os pilotos posicionaram as variáveis dentro das categorias: ligação, motrizes, dependentes e independentes. A partir de então buscou-se pontuar semelhanças e diferenças em relação à matriz padrão, de forma a constatar se a compreensão dos pilotos era consistente com os dados levantados na pesquisa documental realizada na primeira fase do trabalho, e verificar de que maneira isto poderia impactar na operação.

Desta maneira, pautando-se nas definições de Consciência Situacional de Endsley (1999), foi possível constatar qual é a influência da compreensão dos pilotos acerca dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica, o que permitiu que o objetivo geral fosse alcançado.

Cabe pontuar que esta pesquisa limitou suas análises à fase de pouso, considerada a mais crítica, pois é nesta fase que as habilidades do piloto são mais exigidas, momento em que, estatisticamente, ocorrem cerca de 35% dos acidentes (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016a). Uma segunda limitação se deu em função das variáveis estudadas, que se restringiram àquelas passíveis de serem avaliadas à luz dos manuais de voo e publicações gerais segurança operacional. Não foram consideradas as variáveis relacionadas ao fator “máquina” (sistemas da aeronave e suas possíveis falhas) ou fator “homem” (habilidades psicomotoras, aspectos psicológicos, etc.), não excluindo a possibilidade de tais variáveis tornarem-se objeto de estudos futuramente.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A partir de pesquisa documental nos manuais de voo e de desempenho da aeronave, manuais de doutrina da Unidade, além de publicações da FAA e da FSF, inicialmente foi possível apontar os diversos fatores que devem ser observados no planejamento para realização de pouso de máximo esforço, em qualquer localidade: peso, direção e intensidade do vento, contaminação da pista, velocidade de cruzamento, ponto de toque, distância de pouso, temperatura e altitude do campo. Tais variáveis foram então situadas no cenário antártico, conforme a seguir:

Peso da aeronave (F1) – é um dos principais fatores que determinam a distância de pouso, pois um incremento em seu valor implica em aumento da velocidade da aproximação final, e conseqüentemente, na distância de pouso, o que se faz crítico, dada a condição de pista curta encontrada em SCRM.

Vento e suas limitações (F2) – aumenta ou diminui a distância de pouso em função de sua direção e intensidade. Na Península Antártica, devido à instabilidade climática típica da região, os ventos podem variar bastante de direção e intensidade, podendo atingir velocidades superiores a 50kt,

vindos de direções diversas, alinhadas ou não com o campo de pouso de SCRM (CARRASCO, 2007), o que torna este um dos fatores de planejamento mais relevantes no sistema.

Contaminação da pista (F3) – determina a condição de frenagem e controle lateral oferecida pela pista. A contaminação, juntamente com o peso, limita a intensidade de vento cruzado a que a aeronave pode ser submetida, antes que seja totalmente perdido o controle lateral no solo. Por conta disso tal variável deve ser compreendida como de grande importância para a segurança no pouso.

Velocidade de cruzamento (F4) – velocidade que deve ser empregada pelo piloto na aeronave ao passar sobre a cabeceira da pista. Constitui-se fator crítico, pois qualquer aumento ou diminuição nesta velocidade pode influenciar no sucesso da operação de pouso, sobretudo em pistas curtas como a de SCRM. Uma velocidade menor que a ideal pode ocasionar toque antes dos limites da pista, e uma velocidade acima da preconizada pode postergar o ponto de toque, com consequência direta na distância de pouso (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016b).

Ponto de toque (F5) – a correta aplicação da técnica de máximo esforço prevê que a área de toque esteja localizada entre 30m e 100m do início da pista, sendo essencial tocar em até 150m da cabeceira em uso. Qualquer retardo no toque tem influência direta sobre a distância de parada planejada. Uma vez que a pista em SCRM é curta (1280m), este fator pode concorrer para acidentes por ultrapassagem do limite disponível, em uma localidade em que, devido a obstáculos naturais nas extremidades da pista, não há margem para este tipo de ocorrência.

Distância de pouso (F6) – é um dos fatores que determina o que se conhece como *performance*⁵ de uma aeronave. A distância de pouso é calculada a partir de parâmetros conhecidos, e para que seja possível realizar

o pouso com segurança em SCRM, é primordial que os tripulantes considerem corretamente tais parâmetros (o peso, a condição de vento, a contaminação, etc.) para então determinar se é possível realizar a manobra dentro do limite de pista disponível, neste caso, 1280m.

Finalmente, em relação à altitude do campo e à temperatura, verificou-se que quanto mais elevados, mais estes dois fatores comprometem o desempenho dos motores, devido à menor densidade do ar (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016b), o que implica também em maiores velocidades e distâncias de pouso necessárias. A pista de SCRM, situa-se a 40m do nível do mar, e para efeitos de cálculos de desempenho, é considerada como a nível zero, sofrendo, portanto, pouquíssimos efeitos relacionados à densidade. Da mesma forma vê-se a temperatura, a qual na península antártica é baixa, variando anualmente entre 1°C e -10°C (CARRASCO, 2007). Portanto, que é improvável a influência negativa destas duas variáveis na operação em SCRM.

Concluída a pesquisa documental, cabe pontuar que Brasileiro (2006) define fatores de risco como sendo aqueles que aumentam a possibilidade de ocorrências negativas (como acidentes e incidentes aeronáuticos) em um determinado cenário. Dadas as considerações dos parágrafos anteriores, e à luz da definição de Brasileiro, verificou-se que, no cenário antártico, constituem-se fatores de risco, ou seja, fatores que possibilitam a ocorrência de eventos negativos, neste caso na fase de pouso, as seguintes variáveis: peso, vento, contaminação, velocidade de cruzamento, ponto de toque e distância de pouso, elucidando assim a QN1.

Tais variáveis foram aplicados na Matriz de Impactos cruzados (MIC), com valores de 0 a 3 atribuídos a cada cruzamento entre os fatores das colunas sobre os fatores das linhas, conforme preconiza o método. Ao final, obteve-se a seguinte matriz:

Figura 4 - MIC confeccionada a partir dos gráficos de desempenho.

FATORES ANALISADOS	F1: PESO DE POUSO	F2: VENTO E SEUS LIMITES	F3: CONTAMINAÇÃO	F4: VEL. CRUZAM.	F5: PTO TOQUE	F6: DIST. POUSO	TOTAL DEPENDÊNCIA
F1: PESO DE POUSO	0	0	0	0	0	0	0
F2: VENTO E SEUS LIMITES	1	0	3	0	0	0	4
F3: CONTAMINAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0
F4: VEL. CRUZAM.	2	2	0	0	3	3	10
F5: PTO TOQUE	0	0	0	1	0	3	4
F6: DIST. POUSO	2	3	3	3	3	0	14
TOTAL MOTRICIDADE	5	5	6	4	6	6	PM= 5 PD=7

Fonte: A autora (2017).

⁵ *Performance*: termo que define a capacidade de uma aeronave em atingir parâmetros que tornam útil e eficaz sua utilização em certos cenários de operação (FAA, 2016a). Por exemplo, a capacidade do C-130H de operar em pistas de dimensões reduzidas o torna útil e adequado para operar em SCRM, onde a pista possui distância declarada de 1280m, considerada curta, e com depressões ao final de ambas as cabeceiras.

A partir destes dados, os fatores foram posicionados na Matriz de Vulnerabilidade (MVul), de acordo com seu grau de dependência e motricidade identificados na matriz anterior. Por exemplo, quanto ao fator vento (F2), verificou-se que possui, no total, os graus 4 de dependência e 5 de motricidade. Feita a compilação de cada um dos dados, confeccionou-se a MVul, apresentada a seguir:

A análise do posicionamento de cada fator neste arranjo tornou possível estabelecer como se relacionam os fatores, viabilizando a elucidação da QN2. Nota-se que o fator “distância de pouso” ficou localizado no quadrante I, das variáveis ligação, ou seja, de acordo com Brasileiro (2009), apresenta um elevado poder de influência e de dependência ao mesmo tempo. Tal condição é consistente com a análise do fator em si, pois a distância de pouso disponível é o principal determinante da necessidade ou não da realização da operação de máximo esforço, ou seja, é a que move todo o sistema. Ao mesmo tempo, todos os demais fatores influenciam nesta distância durante a operação.

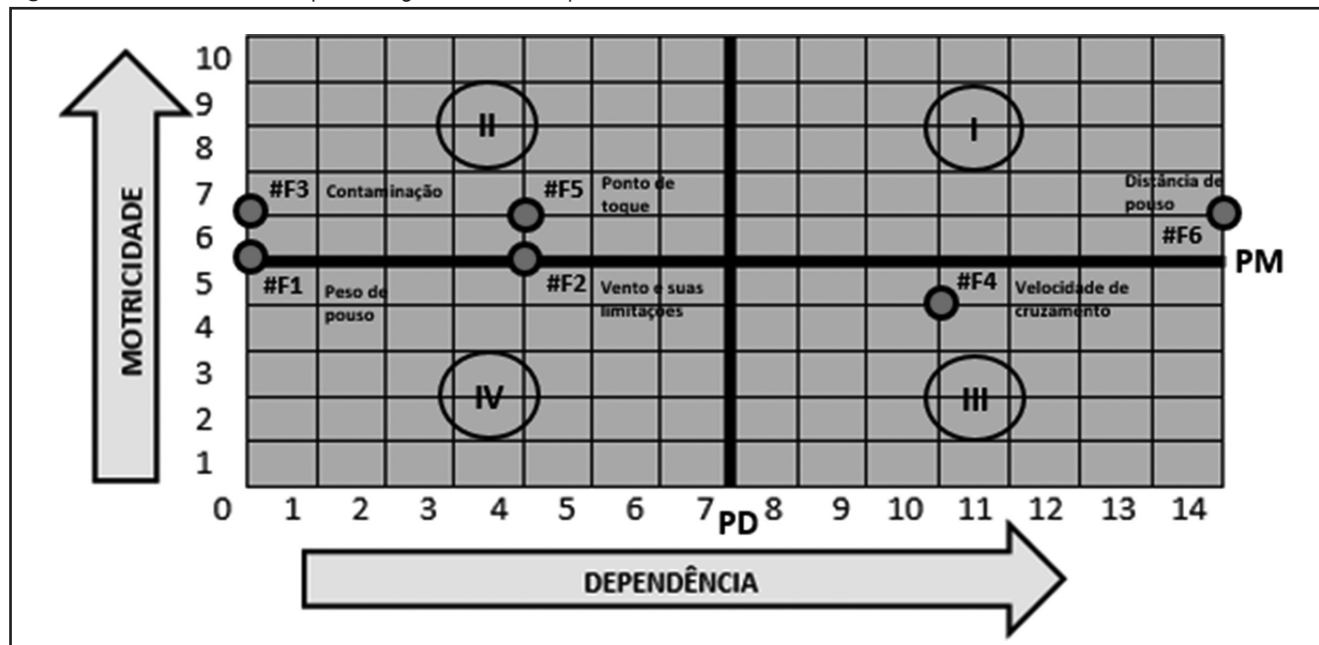
No quadrante II, das variáveis motrizes, posicionaram-se os fatores contaminação e ponto de toque. Tais variáveis são muito influentes e pouco dependentes, e segundo Godet (1993), condicionam a dinâmica do conjunto e devem ser objeto de ação prioritária. De fato, a contaminação tem elevada relevância, pois limita sobremaneira o vento cruzado recomendado, bem como pode elevar drasticamente a distância de pouso e compromete o controle lateral, quando conjugada com o fator vento. De modo análogo vê-se o ponto de

toque, o qual uma vez definido pela necessidade de pouso de máximo esforço, exerce influência na velocidade empregada na aproximação, além de ser fundamental para que não seja ultrapassada a distância de pouso, ou para que o toque não ocorra antes da pista.

Os fatores vento e peso de pouso encontram-se no ponto médio motriz, indicando uma capacidade considerável de influenciar o sistema. Esta posição, de acordo com Godet (1993), denota que tal variável que não pode ser desprezada. De fato, verificou-se, quanto ao fator peso, que este exerce influência moderada sobre a velocidade de aproximação, e é limitante da componente de vento de través, além de afetar a distância de pouso. Já o vento, de acordo com sua direção e intensidade, pode exercer significativa influência na velocidade de cruzamento e na distância de pouso. Da mesma forma, a não observância do limite de vento de través, em combinação com o fator contaminação, pode levar à perda de controle da aeronave ou saída de pista (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016a), conforme já pontuado anteriormente.

No quadrante III, das variáveis dependentes, localizou-se fator velocidade de cruzamento. Segundo Brasileiro (2009), a evolução dos fatores deste quadrante se dá basicamente em função das variáveis do primeiro e do segundo quadrantes, o que se mostra verdadeiro, ao analisarmos que a velocidade de cruzamento é influenciada pelos fatores peso da aeronave, vento, e distância de pouso disponível, enquanto exerce uma influência alta somente na distância de pouso.

Figura 5 - MVul confeccionada a partir dos gráficos de desempenho.



Fonte: A autora (2017).

Faz-se relevante pontuar que, no universo dos fatores analisados nesta pesquisa, nenhuma variável encontra-se no quadrante IV, das variáveis independentes, reservado àquelas de menor importância, e que segundo Brasiliano (2009), poderiam até mesmo serem excluídas do sistema. Tal constatação corrobora a análise que identificou os fatores de risco, realizada na primeira fase da pesquisa.

Dando continuidade ao estudo, a fim de verificar a compreensão dos pilotos e assim

responder à QN3, foi feito um levantamento junto aos indivíduos do universo selecionado, composto por pilotos que pertencem ou pertenceram ao QT Antártico entre os anos de 2015 e 2017. As respostas obtidas foram compiladas e aplicadas na MIC, conforme a seguir:

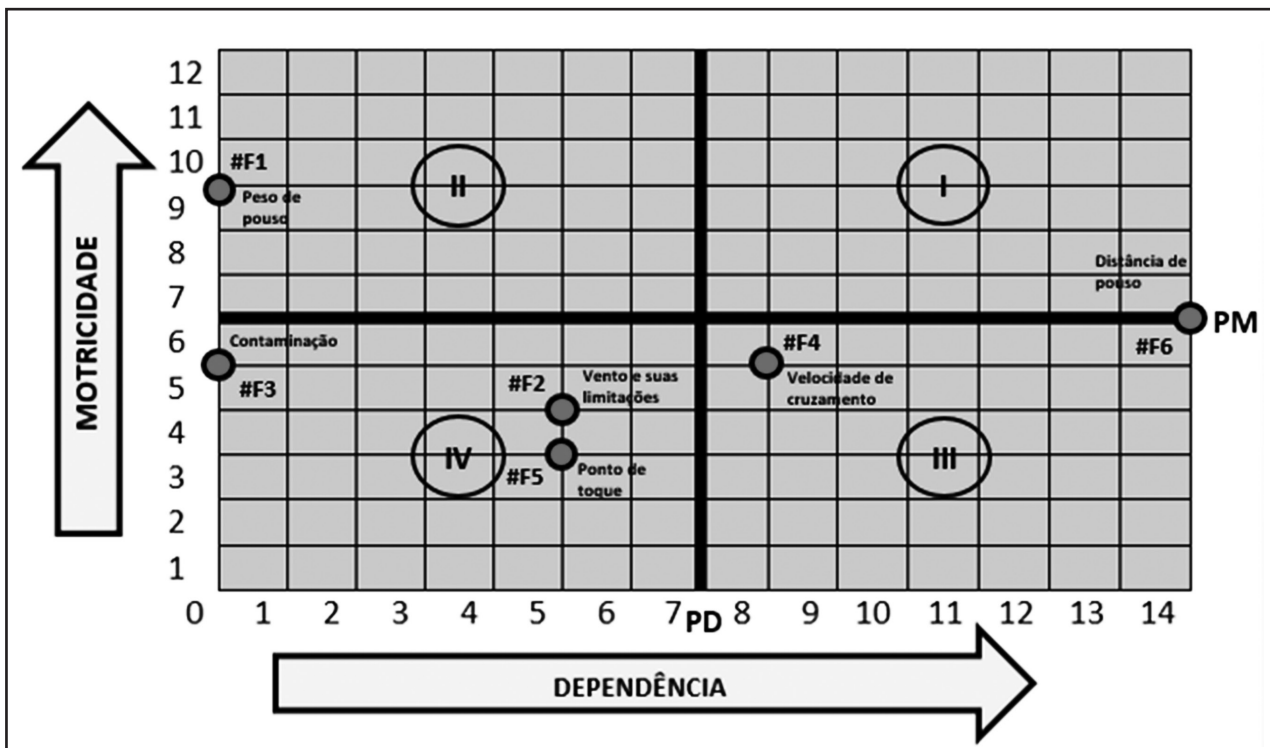
De maneira análoga à realizada anteriormente, a partir dos dados da MIC, foi possível confeccionar a seguinte MVul:

Figura 6 - MIC Confeccionada a Partir das Respostas dos Pilotos.

FATORES ANALISADOS	F1: PESO DE POUSO	F2: VENTO E SEUS LIMITES	F3: CONTAMINAÇÃO	F4: VEL. CRUZAM.	F5: PTO TOQUE	F6: DIST. POUSO	TOTAL DEPENDÊNCIA
F1: PESO DE POUSO	0	0	0	0	0	0	0
F2: VENTO E SEUS LIMITES	3	0	2	0	0	0	5
F3: CONTAMINAÇÃO	0	0	0	0	0	0	0
F4: VEL. CRUZAM.	3	2	0	0	0	3	8
F5: PTO TOQUE	0	0	0	2	0	3	5
F6: DIST. POUSO	3	2	3	3	3	0	14
TOTAL MOTRICIDADE	9	4	5	5	3	6	PM= 6 PD=7,0

Fonte: A autora (2017).

Figura 7 - MVul confeccionada a partir das respostas dos pilotos.



Fonte: A autora (2017).

A comparação entre as duas matrizes mostra similaridades quanto aos fatores dos quadrantes I e III, onde nota-se uma compreensão adequada quanto às variáveis “distância de pouso” e “velocidade de cruzamento”. Corroborando os conceitos de Brasiliano (2009) e Godet (2006), a primeira foi compreendida como condicionante do sistema, influenciando e sendo influenciada ao mesmo tempo, e a segunda foi percebida como dependente de outros fatores, neste caso os fatores peso e distância de pouso disponível. Tanto a distância de pouso quanto e velocidade de cruzamento são dois fatores bastante relevantes no universo das ocorrências aeronáuticas no pouso (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2016b), portanto a compreensão adequada destes mostra-se oportuna para a segurança operacional.

Porém, também se observa que houve mudanças relevantes quanto aos elementos dos quadrantes II (motrizes) e IV (independentes). No quadrante II, a variável “peso de pouso” posicionou-se com nível de motricidade elevado, maior que o aferido na pesquisa, denotando uma supervalorização, a qual não foi confirmada na análise dos gráficos de desempenho. Quanto aos fatores contaminação, ponto de toque e vento, verificou-se que todos posicionaram no quadrante IV, das variáveis independentes, consideradas as menos influentes e menos dependentes. De acordo com dados apresentados na matriz aferida na pesquisa, a compreensão a respeito destes fatores mostra-se inadequada.

Uma baixa compreensão quanto à motricidade e à interação dos fatores vento, contaminação e ponto de toque, subestima a real importância destas variáveis, e pode trazer consequências indesejáveis à operação. O nível de contaminação deve ser compreendido como um fator que eleva drasticamente a distância de pouso, com motricidade bastante superior ao fator “peso” (conforme verificado nas análises dos gráficos de desempenho), além de concorrer para uma perda do controle lateral e saída de pista, se na presença de fortes ventos cruzados.

Da mesma maneira, é importante que os pilotos compreendam que um toque longo (além dos 150m recomendados) diminui o comprimento de pista disponível para a frenagem, aumentando a criticidade da operação. Uma vez que a combinação de tais fatores pode levar a uma ultrapassagem dos limites da pista, ou uma saída lateral, em localidade em que não há margem para tais ocorrências, a motricidade menor atribuída pode comprometer a segurança das operações.

Segundo Endsley (1999), o nível Compreensão refere-se à habilidade de compreender, interpretar e avaliar os dados, tendo como resultado um claro entendimento de como os elementos identificados no nível percepção influenciam para a consecução dos

objetivos. Neste nível, a teórica afirma que ocorrem 22% dos acidentes em que uma deficiente CS se faz presente, devido principalmente a modelos mentais inadequados e excesso de confiança.

À luz destes conceitos, pode-se inferir que o nível de influência mais baixo que o aferido, atribuído pelos pilotos na análise das variáveis contaminação, vento e ponto de toque, pode ser indicativo de uma baixa Consciência Situacional, em seu nível Compreensão, o que diante dos riscos da operação de pouso na Antártica, pode concorrer para futuros acidentes ou incidentes no Continente Gelado, como um toque antes da pista, uma ultrapassagem dos seus limites, ou a perda de controle lateral no solo.

5 CONCLUSÃO

A complexidade da realização do pouso de máximo esforço na Antártica, aliada à possibilidade de que falhas de julgamento são fatores que poderiam contribuir para ocorrência de acidentes e incidentes na operação e geraram uma inquietação na autora, a qual, por meio desta pesquisa, buscou elucidar o seguinte questionamento: qual é a influência da compreensão dos pilotos acerca da interação dos fatores de risco na operação de pouso de máximo esforço na Antártica? Dessa forma, três objetivos específicos foram estabelecidos para responder ao problema de pesquisa.

O OE1 era verificar, dentre os fatores de planejamento do pouso de máximo esforço, quais se constituíam fatores de risco na operação antártica. Por meio de pesquisa documental nos manuais de voo, de desempenho e de procedimentos disponíveis, foram identificados os seguintes fatores: peso, vento e suas limitações, contaminação, velocidade de cruzamento, ponto de toque e distância de pouso.

O OE2 era identificar a interação entre os fatores de risco da operação de pouso de máximo esforço na Antártica. Para isto, os fatores foram aplicados no arranjo de matrizes proposto por Brasiliano (2009), composto pelas Matrizes de Impactos Cruzados e de Vulnerabilidade. Por meio deste método, foi possível apontar as variáveis mais motrizes, ou seja, que mais exercem influência no sistema: vento, contaminação, ponto de toque e peso da aeronave. A variável distância de pouso foi identificada no conjunto das variáveis de ligação, as quais são influentes e influenciadas ao mesmo tempo. Já a velocidade de cruzamento foi identificada como o fator mais dependente, influenciado por diversos outros, como peso da aeronave e vento. Nenhum dos fatores foi posicionado no quadrante das variáveis independentes, as quais são consideradas de menor importância no sistema.

O OE3 era identificar qual a compreensão dos pilotos a respeito da relação de influência entre os fatores de risco da operação de máximo esforço na Antártica. Para isso foi realizado um levantamento, por meio de um questionário composto por 6 perguntas, cujas respostas foram compiladas e aplicadas no arranjo MIC/Mvul. Da análise da MVul obtida, verificou-se que na visão dos pilotos, a variável mais motriz foi a variável peso de pouso. Houve similaridade na identificação das variáveis distância disponível e velocidade de cruzamento. As variáveis vento, contaminação e ponto de toque foram percebidas como as menos influentes do sistema.

Desta maneira, respondendo ao problema de pesquisa, concluiu-se que a diferença apontada quanto ao nível de motricidade das variáveis vento, contaminação e ponto de toque pode influenciar na segurança das operações na Antártica, pois aponta indícios de uma baixa Consciência Situacional, no nível Compreensão, o que diante dos riscos presentes naquela localidade, pode concorrer para futuros

acidentes e incidentes nas operações de pouso no Continente Gelado, seja por um toque antes da pista, por ultrapassagem da distância de pouso, ou pela perda de controle lateral da aeronave.

Sendo assim, cabe ressaltar a importância da pesquisa em tela para o Comando da Aeronáutica e para o 1º/1ºGT, uma vez que as conclusões apresentadas poderão oferecer subsídios para verificar pontos da Doutrina que podem ser melhorados ou reforçados, de forma a contribuir para a elevação da segurança operacional das missões em apoio ao Programa Antártico Brasileiro, prevenindo acidentes e minimizando a perda de recursos materiais e humanos.

Por fim, diante da relevância do assunto e da complexidade que envolve as variáveis de planejamento da operação antártica, faz-se adequado sugerir futuras investigações, que considerem o fator “máquina” ou o fator “homem”, ou ainda que se estendam aos demais membros que compõem a tripulação, de maneira a ampliar o alcance destas conclusões.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. et al. **Ocorrências Aeronáuticas: Panorama Estatístico da Aviação Brasileira - Aviação Civil 2006-2015**. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Brasília, 2016, 117 p.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Ala 11. **ICA 11-170 – Plano de Trabalho Anual do 1º/1ºGT**. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Divulgação Operacional (DIVOP): Excursão de Pista no Contexto da FAB**. Brasília, 2016a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Relatório final de acidente: FAB 2470 de 14 nov. 2014**. Brasília, 2016b. 28 p.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. **TO 1C-130H-1: Manual de Voo da aeronave C-130**. Rio de Janeiro, 2006a.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. **TO 1C-130H-1-1: Manual de Performance da aeronave C-130**. Rio de Janeiro, 2006b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Operações Aéreas. **MCA 55-53 – Manual da Ação de Transporte Aéreo Logístico no Continente Antártico**. Rio de Janeiro, 2014.

BRASILIANO, A. C. R. **Análise de risco: método Brasileiro**. São Paulo: Sicurezza, 2006.

BRASILIANO, A. C. R. **Método Avançado de Análise de Riscos: resposta aos riscos corporativos**. São Paulo: Brasiliano & Associados, 2009.

BRITO, O. S. G. **Gestão de Riscos: uma abordagem orientada aos riscos operacionais**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CARRASCO, J. C. **Climatología de la Península Antártica y del Centro Meteorológico Eduardo Frei Montalva**. Dirección General de Aeronautica Civil Dirección Meteorológica de Chile. Santiago, 2007.

CIVIL AVIATION AUTHORITY. **Takeoff and Landing Performance. 2014**. Disponível em: https://www.caa.govt.nz/safety_info/GAPs/Takeoff_Landing.pdf. Acesso em: 20 set. 2017.

ENDSLEY, M. R. **Situation Awareness in Aviation Systems**. In: Garland, D. J.; Wise, J. A.; Hopkin, V. D. Handbook of aviation human factors. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999. p. 257-276.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Mitigating the Risks of a Runway Overrun Upon Landing AC 91-79A: Change 1**. 2016b. Disponível em: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_91-79A_CHG_1.pdf. Acesso em: 21 set. 2017.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge**. 2016a.

Disponível em: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf. Acesso em: 21 set. 2017.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **ALAR Briefing Note 8.3: Landing Distances**. 2009c. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/867.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **ALAR Tool Kit: 8.7: Crosswind Landings**. 2009b. Disponível em: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/871.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **Reducing the Risk of Runway Excursion**. 2009a. Disponível em: <https://flightsafety.org/files/RERR/fsf-runway-excursions-report.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

GAVA, W. E. **Análise da percepção dos pilotos de VH-35 sobre os fatores de planejamento da decolagem CAT A em helipontos elevados**. 2013.

18 f. Artigo Científico (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais)-Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

GAVA, W. E. **Análise de Risco da Operação de Helicópteros na Região Amazônica**. 2011. 136 f. Dissertação (Mestrado em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada) - Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODET, M. **Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à acção**. Tradução de J. Freitas e Silva. Lisboa: Dom Quixote, 1993.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

Munich 1972: Lessons of aviation security for Latin America

Munich 1972: Lecciones de seguridad de aviación para mega eventos deportivos en Latino América

Munique 1972: lições de segurança de voo para megaeventos esportivos na América Latina

Martin Fernando Zorrilla Rodriguez¹

ABSTRACT

Aviation security has become a global concern for the international community, especially for authorities, airlines, and passengers. Any catastrophic event due to a security breach could produce unimaginable consequences worldwide. Besides the potential risks comprised of natural hazards, technological devices, and human error, aviation security experts must deal with criminal incidents, war, and terrorism. In the latter case, perpetrators know that the impact of terrorist attacks becomes larger at crowded facilities or means of transportation. This paper intends to describe the event of Munich massacre in 1972 from the perspective of the aviation security, and then, to establish the applicability of its lessons learned to a highly-attended scenarios like the sport mega events (SME), so popular in Latin America.

Keywords: Aviation security. Terrorism. Sport mega events. 1972 Olympics.

RESUMEN

La seguridad de la aviación se ha convertido en una preocupación mundial para la comunidad internacional, especialmente para las autoridades, las aerolíneas y los pasajeros. Cualquier evento catastrófico debido a una violación de la seguridad podría producir consecuencias inimaginables en todo el mundo. Además de los riesgos potenciales que comprenden peligros naturales, dispositivos tecnológicos y errores humanos, los expertos en seguridad de la aviación deben hacer frente a los incidentes criminales, la guerra y el terrorismo; en este caso, los perpetradores saben que el impacto de los ataques terroristas se hace más notorio en

instalaciones o medios de transporte con asistencia masiva de público. Este artículo pretende abordar el evento de la masacre de Múnich en 1972 desde la perspectiva de la seguridad de la aviación, y luego, establecer la aplicabilidad de sus lecciones aprendidas en escenarios muy concurridos como los mega eventos deportivos (SME), tan populares en América Latina.

Palabras clave: Seguridad de aviación. Terrorismo. Mega eventos deportivos. Juegos Olímpicos 1972.

RESUMO

A segurança de voo se converteu em uma preocupação mundial para a comunidade internacional, especialmente para as autoridades, as aeronaves e os passageiros. Qualquer evento catastrófico causado por uma violação da segurança poderia produzir conseqüências inimagináveis em todo o mundo. Além dos riscos potenciais que incluem perigos naturais, dispositivos tecnológicos e falhas humanos, os especialistas em segurança de vôo devem se confrontar com incidentes criminosos, guerra e terrorismo; nesse caso, os autores sabem que o impacto dos ataques terroristas ganha mais notoriedade em instalações lotadas ou em meios de transporte. Este artigo pretende abordar o evento do massacre de Munique em 1972, na perspectiva da segurança da aviação, e assim, estabelecer a aplicabilidade das lições aprendidas em cenários muito concorridos como os grandes eventos esportivos (SME), tão populares na América Latina.

Palavras-chave: Segurança de voo. Terrorismo. Megaeventos desportivos. Jogos Olímpicos de 1972.

I. Força Aérea Colombiana (FAC) – Bogotá/DC – Colômbia. Mestrado em Aerospace and Aviation Technology pela Escuela De Posgrados de la Fuerza Aerea Colombiana. E-mail: martin.zorrilla@epfac.edu.co

Received: 09/30/2019

Accepted: 10/03/2019

1 BACKGROUND

Since the early days of commercial aviation, terrorists have seen the vulnerabilities of the air transportation system, to turn it into a primary objective for their demands. The unpredictability of terrorist attacks, their unthinkable consequences for the international society, along with the weakness of the traditional security measures in commercial aviation, prevent the security providers and stakeholders, to go “one step forward” from these occurrences. However, states and security experts make formidable efforts to avoid terrorist attacks in the air transportation system, or, in the worst-case scenario, to delay, deter, and mitigate their impact. Therefore, it is necessary to understand the nature of terrorist attacks to preventing the modern nightmare that this terrorism phenomenon represents.

Even though there are many definitions regarding its complex inception, the common denominator for terrorism is the use of ‘violence’ and the ‘threat of violence’ to “spread fear and panic among individuals and societies”, and hence, to achieve a defined objective (KIBAROGLU; ERSEN, 2011). Tilly (2004), for instance, explained that terror in a sociological approach as a

political strategy which involves the asymmetrical deployment of threats and violence against enemies using means that fall outside the forms of political struggle routinely operating within some current regime. (TILLY, 2004, p. 7).

Surrounded by different explanations, terrorism has a basis on the religion, economic reasons, political objectives, socio-structural changes, and almost any motivation inspired by human behavior.

As well as motivations vary in nature, how terrorism manifests itself diverge in cruelty and imagination. Concerning commercial aviation, terrorist attacks range from hijacking aircraft, shooting passengers in airports, and bombing airplanes or crowded facilities. For that reason, the air transport system is considered as a prime target for perpetrators. In analyzing vulnerable security conditions of commercial aviation, Harrison (2009) found some reasons to look at aviation as a lucrative target for terrorists: a) It is a powerful symbolic target; b) It provides an international stage for the event; c) It provides global media exposure; d) It is relatively simple to access; e) The powerful consequences of breaching security are catastrophic for both the airline and the state (victim); f) It could be politically embarrassing for the state; g) It is a useful tool for revenge; h) It is an effective tool to achieve

demands. Likewise, Duchesneau & Langlois (2017) added other explanations about understanding why terrorist have targeted civil aviation like, i) It projects a global reach (an aircraft behaving as a guided-missile); j) It has a high lethal potential, and a high possibility of affecting nationals of several countries; and finally, k) Any attack impedes interconnectivity, disrupting global air transport.

The impact of terrorist attacks becomes larger at crowded facilities and systems of transportation, two inherent characteristics of commercial aviation. Perpetrators take advantage of factors such as a high concentration of people, “time-consuming” procedures employed in the aviation security measures, public access entrances and exits effectively easy at airports, and high mobility of potential perpetrators, which increase the vulnerability of this threat. Many security measures appear weak facing extremist actions due to the inability of detecting explosives, small weapons, and dangerous materials; with these conditions almost any place becomes an affordable target for a possible terrorist attack, being commercial aviation one of the most critical.

Although the commercial aviation activity is already difficult to protect and support for the security agencies and stakeholders, the context becomes more complex when there are highly-attended concentrations outside the air transport system like in sport megaevents (SME) such as Olympic Games, the World Cup, or crucial games within a regular season. The hosting of an SME brings about a growth in employment, tourism, spending, and media coverage, but also increases the risk of terrorist attacks as the event itself attract important amounts of media attention. Unfortunately, there is evidence that perceptions of increased hazard related to safety may affect tourists’ future decision making to attend or travel to an SME (KIM; CHALIP, 2004; GEORGE, 2012). This was the case at the 1972 Munich Games, where the international attention achieved by the attack escalated beyond the sporting scene. The outcomes demonstrated that terrorism could be an effective method in challenging governments, that hence, have had important repercussions in aviation security since then.

Aviation security systems, particularly those involved in protecting passengers either onboard or at airports, continue to strengthen their functional capacities, principally by developing cutting-edge technological advances and enhancing international cooperation. These steps towards a more robust security in the air transport system have mainly taken place in developed countries; nevertheless, little is known about the effects on the aviation security systems that the 1972 Olympics in brought about for aviation and its connotations for

a developing context like in Latin America, where these initiatives can be successfully replicated. The need to share the takeaways of events like in Munich 72, in the region of Latin-American where sporting events are lived with great fervor, could be a way to accelerate learning and rollout of proactive measures to make commercial aviation safer.

2 LITERATURE REVIEW

The relationship between aviation security and terrorism have fostered a wide variety of research across several contexts to understand their dynamics. Dempsey (1987) undertook an exhaustive review to the relationship between terrorism and commercial aviation since the dawn of the aerial activity, focusing on piracy and counter-measures to prevent it. Other authors (WELLS; YOUNG, 2004) have stated that, its early beginning, back in the 1930s, airplane hijackings became one of the options in pursuing political asylum by desperate individuals, which escalated to a huge threat with the media involvement by the early 1960s. Hijacking evolved to become the most prevailing terrorist behavior, even though its goal were focused on disseminating political propaganda, especially after de 9/11 incidents (SALTER, 2008). Likewise, airports have been considered as a “high-value objective “by terrorist groups. In the early 1970s, the suicide attacks at public airports in Munich and Tel Aviv confirmed how vulnerable the facilities are, facing this kind of threat. The period from 1970 to 2016 registered by Duchesneau and Langlois (2017) was characterized by several terrorist airport attacks which consistently fluctuated between 0 and 10 per year, with peaks in 1984-1986 (Rome and Vienna attacks), 2001- 2003 (Sri Lanka attack), and 2016 (Brussels an Istanbul attacks).

Also, the factors associated with terrorism have been widely researched in other spheres. In the psychological field, Gill et al. (2013) investigated the surrounding variables which generate “the inventiveness” in terrorist groups and cited elements such as the necessity of a sympathizing context, the ideological momentum, and ability to achieve their goals. The global community, not only since the mid-twentieth century but now, has faced airport security as an intricate system which demands adaptability, proactivity, and imagination to mitigate all possible effects of terrorism. Giulianotti and Klausler (2012) explored the interaction between sport and terrorism, concerning sport mega-events. Their discussion was centered on defining the epistemological and methodological problems in the concept of “terrorist” and hence, the ways in which states have designed counter-terrorism strategies. Jayawardhana (2016) studied the impacts of terrorist acts in sport mega

events and the required actions to ensure security, using the Munich 1972 attacks as a starting point. The research led him to conclude that organizers should use many strategies to diminish the treats of terrorist attacks such as introducing new technological equipment, establish new polices and legislations.

3 MUNICH 1972: WHEN TERROR OVERCAME SECURITY

Many terrorist attacks along the XXI century have served to generate academic debate around the terrorism management concept; however, the 1972 Munich massacre could be an inflection point for the security assessment and the counter- terrorist prevention. Other than sport, the Munich Games were the focal point of many forces where many interests were at stake: an infamous wall divided Germany itself; the United States-Soviet Union political tensions merged with athletic competitions due to the Cold War. The African nations rejeted Rhodesia so they threatened to boycott if this nation had participated. The escalating situation in Southeast Asia and the subsequent disappearance of South Vietnam, and finally, the rising phenomenon of hijacking aimed at commercial aviation as a vulnerable target, which forced to negotiate with antagonist countries (ELZEY, 2004).

Despite the conflictive context, West Germany, the host country, envisioned the Munich Games in such a way that they were considered as “the Olympics of brotherhood”, but the terrorist threat was neglected. Determined to change the image of Nazism and the Jewish Holocaust, Willi Daume, president of the German Olympic Committee, planned and designed the Olympic Village as a “relaxed and friendly space, open and sociable community, tolerant and open-minded environment” (ELZEY, 2004). However, to the frustration of international delegations, security and the Games’ protection funds were less than \$2 million, deploying a” security force of a few thousand, most of them were unarmed (MACDONALD, 1999).

On September 5, 1972 eight terrorists of the Palestine Liberation Organization (PLO) broke into the Olympic village and kidnapped eleven Israeli athletes, executing two immediately and taking nine others as hostages. The terrorist group, who called themselves ‘Black September’, demanded the release of 236 Palestinians detained in Israeli jails and their safe and imminent transfer to any Arab country. Their demands forced to kill a hostage every two hours until they were met (FULLER, 2003).

After 15 hours of agitated negotiation, the Germans arranged the air transportation of the terrorists and

their hostages on two helicopters to a near airbase, for subsequent transfer to Egypt, where the release of hostages would occur. Without knowing the refusal of Egypt to allow the landing (FULLER, 2003), the West German police, had set up an ambush. In an improvised military operation at the helicopters' arrival, their snipers killed three terrorists in the open, but some of them still with the Israeli hostages, began to kill the athletes in retaliation. The outcome of the hostage-release operation was as unacceptable as it was deplorable: notwithstanding the neutralization of five terrorists and the capture of the other three, all nine Israeli athletes were assassinated.

Politically, the effects of this event were devastating. Beyond the competitive spirit was shattered and sportsmanship was undermined, there were other major consequences. The fact emboldened terrorists to the point that hijacking turned into a "showcase" to raise their demands. The immediate Israeli response was the airstrike over Palestinian camps and a selective execution to the OLP's leaders across Europe (ELZEY, 2004). The Games heated up the Cold War between the United States and the Soviet Union, agitating geopolitical scenarios such as Southeast Asia, Africa, and South America. According to Elzey (2004), in Western countries an anti-Arab sentiment emerged, by linking Muslims as "supporters of killing hostages", meanwhile some media in these nations qualified the perpetrators as "martyrs".

In retrospect, several analyses have stated that major causes of this tragedy could be found from strategic to operational reasons. Some of them argue that the major strategic failure was to put the security at the second level. The 1972 Olympics always were seen by their organizers as an opportunity to wipe out the image of 1936 Berlin's Games where Hitler misused them for political propaganda. Given that the West German Army was not allowed to take part in the security of the Games due to numerous and complex political restrictions, probably the organizers set a relaxed security scheme, giving greater relevance to a "peaceful comradeship" (MACDONALD, 1999). West Germany was not prepared for such a threat, and when it took place, there was a disastrous response.

On the other hand, operational reasons were related to decisions taken in the own conflictive scenario alongside other conditions which propitiated the outcome. Without a centralized command, other factors such as the absence of a prepared an equipped counter-terrorism squad, an improvised rescue operation with volunteers, the lack of control of media broadcasting, and poor communication between authorities undoubtedly affected the mission (ELZEY, 2004).

4 THE ATTACK AND THE BREACH OF AVIATION SECURITY

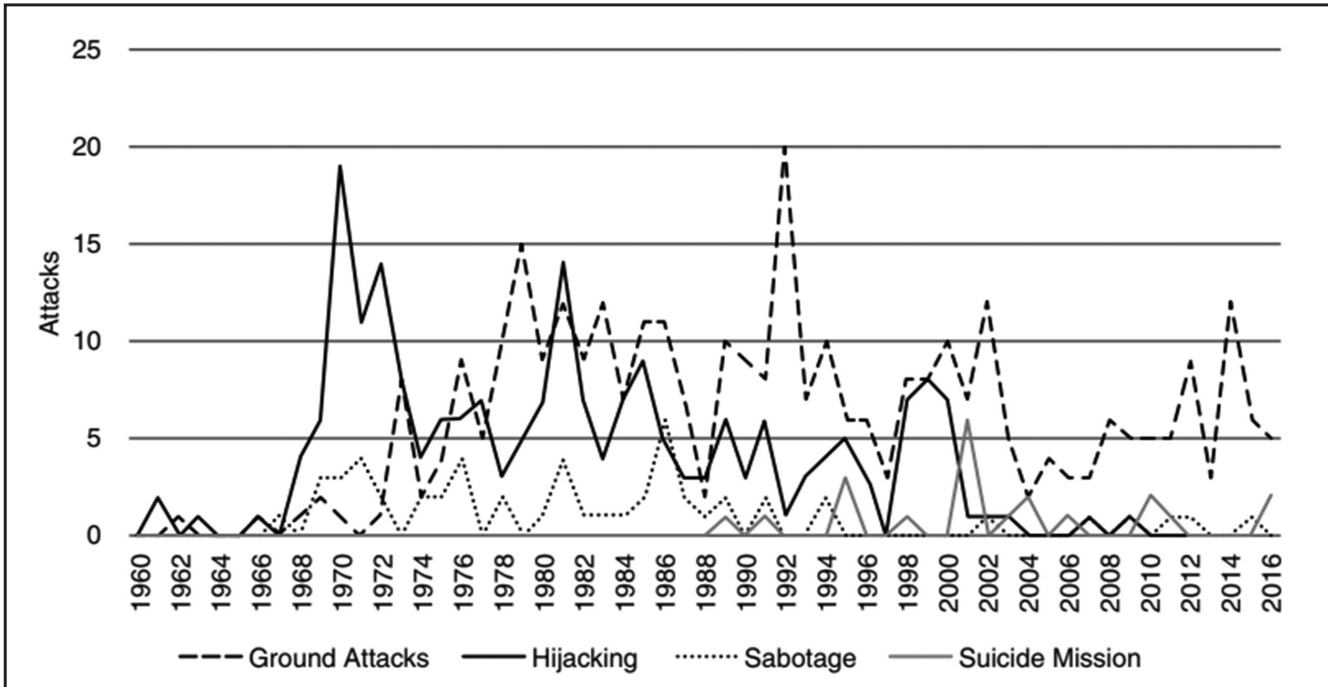
It is not a coincidence that the Munich massacre had had its tragic ending at an airport. From its very beginning, the Palestinian terrorists knew that their escape route would be by air, thus despite their casualties in the rescue operation, the extremists did not contemplate a suicide mission. Even though three of them surrendered, six weeks later were released and exchange by German passengers made hostages by members of the same faction (MACDONALD, 1999). In other words, for the terrorist's perspective, aviation facilities and related assets were so strategic that their utilization would become a strength, depending on the scenario.

Indeed, the Munich massacre occurred during a global security crisis, especially for commercial aviation. In those days, the terrorist menace exploited the system's weaknesses and the incompetence of governments worldwide to deal with hostage-taking scenarios and their questionable way to demand political statements (air piracy). As shown in Figure 1, the early 1970s represented an unfortunate peak in aircraft hijacking, even though cases were less frequent at the end of the decade.

From the terrorists' perspective, civil aviation was considered a perfect battlefield where they may have the advantage, thus several reasons sustained this claim, ranging from strategic to operational aspects. Among the strategic considerations, Jenkins (1989) argued that Israeli commercial airlines contributed to transport spare parts and munitions during the Six-day War, becoming a legitimate target for Palestinian perpetrators. In other cases, airlines were seen as the real representation of nations like embassies or diplomats, so their control was critical in the ideological struggle. On the other hand, commercial aviation provided some operational leverage to terrorists: aircraft may be seized and controlled by few people, and therefore lead to almost anywhere; likewise, airports and airlines are "centers of anonymity where groups of strangers assemble and reassemble" (MARTIN, 2013).

Although no precise statistics exist, this series of events brought devastating effects for the tourism and commercial aviation in general. Passengers' decisions were vulnerable to sudden shifts in international destinations and travel patterns caused by fear of terrorist attacks. A significant reduction of the aviation market and a serious downturn in the travel business made airlines painfully aware that they were part of a major security system and therefore, they cannot afford to be the weakest component in the chain (MARTIN, 2013).

Figure 1 - Evolution of the aviation attacks: 1960-2016.



Source: Duchesneau, 2017.

NOTE: The figure shows that ground attacks and hijackings have been the modus operandi selected for aviation terrorists. It also illustrates that the hijackings, sabotage and suicide missions have abruptly declined to negligible levels since the 9/11 attacks. Retrieved from Duchesneau, J. & Langlois, M. (2017). Airport attacks: the critical role airports can play in combatting terrorism, also available at <https://www.henrystewartpublications.com/sites/default/files/JAMLanglois.pdf>.

5 THE BEGINNING OF THE MODERN SECURITY CONCEPT

The current concept of security concerning the commercial aviation environment has drastically evolved, particularly since the 1972 Munich events. Even though some measures have been implemented after catastrophic attacks (reactive philosophy), nowadays global security is driven towards more preventive actions. One characteristic of the terrorist threat is its dynamics combined with the surprise to exploit minimum failures within the aviation system, which were evident since the terrorist suicide attacks on 9/11. Therefore, today's global efforts are designed to enhance security practices by States and corporations toward every single element in the system, which includes the aircraft, the crew members, airports and the legal framework. As many of the aviation security measures began 40 years ago, it is worth to present the situation at that time, along with the follow-up context in every aspect nowadays.

Because of the tragic events in Munich's Olympics, many States called to the aviation community to close ranks in support of recovering the damaged security situation. In response to the tendency of hijackings

and airline bombings which happened in the late 1960s and early 1970s, aircraft and airport security measures were improved. Governments' answers to terrorism in the 1970s predominantly included legislative measures and a restructuring process of the security services accountable for counter-terrorism. The major outcome was an important expansion and modernization of the aviation security services which comprised aspects such as transnational cooperation, law enforcement measures, and active procedures at aircraft and airports.

During 1972 and 1973, West Germany designed a security program with legislative and organizational adjustments, where the Federal Criminal Police Office (BKA) was the investigative authority to address all forms of terrorism. Hunting for suspected terrorists, the BKA established a cutting-edge computerized search method called *Rasterfahndung*, which cross checked a profile generated from characteristics of known cases with information retrieved from numerous origins (VAN LEEUWEN, 2003). Even with the enormous resources, its efficiency was questionable (VAN LEEUWEN, 2003). Likewise in the US, only a few weeks after the tragedy, President Nixon sanctioned the creation of the Cabinet Committee to Combat Terrorism (CCCT), an extraordinary inter-

agency instrument designed to assemble some state agencies, to fully address the terrorist threat. Despite its short duration, the CCCT was considered the predecessor of the Department of Homeland Security (ELZEY, 2004).

Intelligence sharing was still very weak in the 1970s. Even though several countries suffered terrorist attacks on their territories/or against their citizens abroad, their experiences diverged in aspects such as motivations inspiring acts of terrorism, the nationality of the attackers, the selection of the targets, and the impact of terrorism on public and political life (VAN LEEUWEN, 2003). These factors affected the international interest in preventing terrorism as a common enemy.

Concerning the law enforcement after the massacre, many countries decided to create an anti-terrorist squad as an adequate response to future threats. West Germany implemented a unit called GSG-9 (*Grenzschutzgruppe Neun*), which was successfully tested five years later in Mogadishu, Somalia. There, thanks to its training and operational 86 hostages were rescued from a hijacked Lufthansa flight. Likewise, in France, the *Gendarmerie Nationale* put in service a *Groupe d'Intervention* (GIGN) to perform counterterrorism missions, Meanwhile in Britain, the Special Air Services Regiment (SAS) deployed counterrevolutionary warfare units (FULLER, 2003).

Regarding security at airports and on aircraft, technology became a strategic partner to prevent the threat. In the 1970s, London's Heathrow Airport and New Orleans International Airport in Louisiana were two of the first airports to announce security measures. Heathrow incorporated anti-hijacking measures by installing metal detectors to check passengers and baggage (FAA, 1991). Meanwhile in the U.S, the FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA) authorized an emergency rule making an inspection of carry-on baggage and scanning mandatory for all passengers which were put in service in 1973. X-ray machines and metal detectors became standard devices at airports worldwide, to mitigate possible hijacking and hostage taking events, by detecting weapons such as knives and handguns (FAA, 1991). On the other hand, U.S. Customs Service establishes a greatly expanded sky marshal program with 1,784 agents, whose overarching goal was to infiltrate highly trained officers along with other passengers on board aircraft and to protect the flying public through their especial training. In 1974, the Federal Aviation Administration took over the air marshal program,

giving way to the Federal Air Marshal Service (FAMS) (GRABELL, 2008).

The current outlook, particularly after 9/11, sees international intelligence as powerful tool to identify those individuals engaged in terrorism at all levels of involvement and reveal their safe havens, sources of recruitment, weapons, channels of supply, funding methods, as well as to share key information to disrupt terrorist organizations (CIA, 2003). Even though some problems such as the excessive bureaucracy and professional jealousy remain, international cooperation of intelligence is the only effective tool to fight international terrorist networks.

Commercial aviation security attracted the attention right away after the 9/11 that lingers in the second decade of the 21st century. Airports became the main ports of entry and exit of passengers, and for that reason, strategies such as the screening of documents, and the biometric implementation characteristics are mandatory and essential requirements around the world, even though there are many more.

Nowadays, the aviation security system relies on some technological and procedural layers, some of them complementary, while some are "standalone" measures, but every single layer affects each other (DHS, 2015). The importance of understanding this system relies on the early detection and apprehension of terrorists. Although terrorist attacks may occur at any place and time, the best way to confront it is prevention. Undoubtedly, a successful aviation counter-terrorist strategy does not rely on specific legal measures or technological advances, but on the consideration makes no distinction of nationality.

In parallel, efforts have been taken to focus on legal actions and technological resources on strengthening the counter-terrorism security measures in sport megaevents worldwide. For instance, at the following Olympic Games (Montreal 1976), a temporary immigration security act (Bill C-85) was approved by the Canadian government after the demand by Montreal Olympic Organizing Committee to deport any non-Canadian citizens and who might be suspicious of violent activities (MONTREAL OLYMPIC ORGANIZING COMMITTEE, 1978). Similar programs focused on risk-based security measures by identifying high-risk passengers were designed in Europe, especially at airports and ports of entry. Likewise, aviation in more sophisticated forms, has evolved from a context to be protected, to become an active instrument in the fight against terrorism. Nowadays, most sport megaevents use surveillance helicopters or unmanned aircraft for the

surveillance of the public in stadiums and around the host cities (HASSAN, 2012), as a clear demonstration of the strong relationship among aviation, security, and counter-terrorism measures.

6 THE 1972 OLYMPICS AND ITS LEGACY FOR LATIN AMERICA

Contemporary aviation security concerns may address different parts of the global context, one of which is related to sport megaevents. Although most countries share the same position of strengthening measures to prevent terrorism, areas like Latin America exhibit socio-cultural factors that contribute in the way that violence and terrorism are perceived, and therefore addressed. For example, George (2012) conducted a series of surveys during the 2010 FIFA World Cup where he found that individual factors such nationality can affect the crime-risk perceptions of respondents. Notoriously in this research, soccer tourist from South America and Western Europe felt least safe regarding the social environment around the tournament. In effect, some authors argued that the context in which sports like soccer takes place in Latin America, is strongly linked to such diverse themes as national identity, collective behavior, intellectualism, and war.

This phenomenon can be illustrated back in 2001, when Colombia organized the America Cup, a soccer tournament involving the countries of the region. During the most critical stage of its internal conflict, several aviation security issues negatively affected the perception of the country as a safe place. The most infamous event took place in 1999, when the hijacking of flight 9463 and the subsequent kidnapping of all its 41 passengers and five crew members provoked outrage and fear (BORKAN, 2010). Likewise, a few months before the America Cup, September 8, 2000, a member of the guerrilla groups (Arnobio Ramos) who was being transported to a prison, intimidated the crew with a gun and ended up diverting the aircraft to a remote zone, where he finally fled (KOTLER, 2000). Another incident occurred on January 30, 2001, when Carlos Salazar or “Cristian” according to his alias, disappointed, and bored of being in the guerrilla, decided to desert from the subversive group, for which he went to the hijacking of the aircraft with 26 passengers and four crew on board. The critical and conflictive moment for Colombia, with terrorist attacks, kidnappings and car bombs every day, brought about severe consequences for the competition: two of the invited countries canceled

their participation, and those attendees did it with more fear than enthusiasm; the world cautiously waited for the development of competition in a mantle of enormous doubts.

Latin American countries experience sports intensively; talking about soccer, for instance, one author stated that it “offers the people an opportunity to have fun, to enjoy themselves, to get excited, work up, to feel intense emotions that daily routine rarely offers them” (MANGAN; DACOSTA, 2001). The challenge for Latin America is to be aware of potential hazards for this asset, and the aviation security system among its country members poses many of them.

Just like the passion for sports, social elements in Latin America such as history, language, and culture are binding factors which can improve the aviation security systems in every country and the region. Quite apart from implementing cutting-edge technological advances or strengthening law enforcement measures, the challenge of dealing with aviation security demands an integral approach and layered systems to protect people, aircraft, and facilities, always in constant movement. As a rule, state and security experts have recurrently responded to acts of terrorism, employing new countermeasures, strategies, devices, and procedures to anticipate evolving threats; in opposition, perpetrators have incessantly designed new and innovative ways to overcome those novel security actions with determination. The highly cyclical nature of this context should take advantage of common cultural elements in Latin America to protect society.

As discussed, important technological considerations play a crucial role in preventing threats. Latin-American airports as main entry ports should be provided with adequate surveillance devices, focusing on the screening of passengers and their baggage (carry-on bags and hold luggage), the screening of employees, aircrew, and non-passenger visitors, the control access of restricted areas and surrounding vicinities and the supply chain for cargo and fuel. As well, this provision of technology should not exclusively address on purchasing sophisticated devices from developed countries, but on encouraging the development of hardware, software, and procedures from their researchers, private companies and state agencies. In the same vein, open-access facilities (stadiums, arenas, public areas) should have at their disposal multilayered security systems, that make it possible to identify vulnerabilities and to monitor the social and individual behavior to avoid security breaches instantaneously.

Another substantial issue in aviation security involves training, not only of aircrew, managers or law enforcement authorities, but the general population. Counter-terrorism training becomes one of the tools developed by the state agencies, private companies, and airlines for transferring the knowledge and expertise needed to deal with threats, put actions against terrorism into practice, and once occurred, to overcome the catastrophic event as soon as possible. Practice drills and associated exercises must raise awareness of the critical players in the air transport system and improve their incident handling and response. Likewise, it is necessary to increase the level of contribution of the community regarding these preventive strategies. For example, campaigns like “if you see something, say something” of the Department of Homeland Security in the U.S., aim to involve the community in the adoption of public safety and security measures, through reporting suspicious activities and monitoring potential hazards at public areas.

However, the most significant strategy to address aviation security concerns should be the interstate and interagency collaboration in Latin America. Protecting all the stakeholders in the air transport system lies precisely on the multiplicity of variables that transcend the State borders, especially during mega sport events; such condition must be designed to guarantee that efficient and effective aviation security is built on a system of joint responsibilities, generating many symbiotic, interlocking layers of security; technology and policies regarding collecting data and sharing information must be continuously improved among Latin American countries; the States in the region could replicate initiatives such as API (Advance Passenger Information), by which airlines provide information to the relevant country authorities before their passengers travel on these specific routes, make the air transport plans as secure as possible.

7 FINAL THOUGHTS

Commercial aviation is a constant development environment where new procedures and technologies are needed to guarantee security in aviation. If prevention is the most valuable strategy against terrorism, future technological tools such as biometric identification and data collection would be useful tools to achieve it at airports and aviation assets. Likewise, the Internet of Things and smart environments would enable critical facilities such as airports and check points of borders to share critical information with

international and national agencies. International cooperation should overcome bureaucratic issues to give way to cooperative counter-terrorist networks.

Undoubtedly, the Munich Massacre represented a milestone for understanding how terrorism should be confronted in the international arena. By relegating the security to a second place, West Germany provided to the Palestinian terrorists, the perfect scenario to use the Olympics as a “showcase” for disseminating political propaganda through violence. A combination of lax security measures, lack of counter-terrorist strategies, and a complex decision-making process to address the situation gave way to a disastrous outcome. Likewise, beyond the sports competition, this tragedy took place amid an antagonistic context, in which the Cold War, the Israel-Palestine conflict, even the Vietnam War fueled in some countries the animosity against other nationalities or political ideologies.

However, the Munich Olympics massacre was not an isolated event, but a link in a chain of weaknesses exploited by terrorists. This incident occurred in the rise of hijackings and hostage-takings where airplanes and airports were the most vulnerable targets. Because of those happenings, the aviation market and the air travel industry suffered a significant drop in its business. But maybe the most remarkable consequence was the fear of an unexpected attack and the sense of insecurity, which led to a global effort to address this problem. Likewise, the complexity of the context increased due to the lurking connection between sport and terrorism, and the subsequent terrorist strategy in exploiting the weakness of the security system of a mega sports event.

The package of measures taken by several Western countries comprised the internal reorganization of agencies accountable for counter-terrorist actions, international cooperation and transnational intelligence-sharing, and the inclusion of technological tools in detecting suspicious activities linked to terrorism. It was a joint effort where every single element of the system had to be reinforced to deny the terrorist’s advantage. In many ways, the 1970s decade was the starting point for the development of modern aviation security that 30 years later was strengthened due to the 9/11 attacks.

Finally, it is of enormous relevance that regions like Latin America rethink its conventional approach towards aviation security during sport mega events, taking the lessons learned from the 1972 Olympics in Munich. Because of the highly systemic nature of air transport, efforts made by a single State could become insufficient to address such a sensitive issue. Looking back could be advantageous for several reasons.

REFERENCES

- BORKAN, B. Avianca plane hijackers gets 40 years jail. **Colombia reports**. Medellin, 24 jun 2010. Disponível em: <https://colombiareports.com/el-hijacker-of-avianca-flight-gets-40-years-in-jail/>. Acesso em: 24 jul. 2019.
- COLE, M. G. **Knowledge-based decision making in complex environments**: methodological aspects of proactive airport security management. Barberg: University of Bamberg, 2017. Disponível em: <http://d-nb.info/1079523952/34>. Acesso em: 12 out. 2018.
- DEMPSEY, P. Aerial piracy & terrorism: Unilateral and Multilateral Responses to Aircraft Hijacking. **Connecticut Journal of International Law**, Hartford, v. 2, n. 2, 1987. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2229426>. Acesso em: 7 set. 2018.
- DUCHESNEAU, J.; LANGLOIS, M. Airport attacks: the critical role airports can play in combatting terrorism. **International journal of airport management**, Londres, v. 11, n. 4, 2017.
- ELZEY, C. C. **Munich 1972**: Sport, politics, and tragedy (Doctoral dissertation). Purdue University, 2004. Disponível em: <http://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI3166617>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Technical Report n. DOT/FAA/ACS- 89-1[3 1]. *In*: SEMI-ANNUAL REPORT TO CONGRESS ON THE EFFECTIVENESS OF THE CIVIL AVIATION SECURITY PROGRAM, 31., 1991, Washington, DC: National Technical Information Service (NTIS). **Proceedings** [...]. Washington, fev. 1991.
- FULLER, C. **The rise of the PLO**. *International Terrorism*: p. 25-33. January, 2003. Disponível em: <http://connection.ebscohost.com/c/book-chapters/9187857/rise-plo.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2018.
- GEORGE, R. International tourists' perceptions of crime-risk and their future travel intentions during the 2010 FIFA World Cup in South Africa, **South African Journal of Business Management**, Cape Town, v. 44, n.1, 2013.
- GILL, P. et al. Malevolent Creativity in terrorist organizations. **The Journal of Creative Behavior**, Storrs, v. 47, n. 2, 2013.
- GIULIANOTTI, R.; KLAUSLER, F. Sport mega-events and "terrorism": a critical analysis. **International Review for the Sociology of Sport**, Brighton, v. 47, n. 3, 2012.
- GRABELL, M. History of the Federal Air Marshal Service. **Propublica**: Journalism in the public interest. Nova Iorque, 13 Nov 2008. Disponível em: <https://www.propublica.org/article/history-of-the-federal-air-marshall-service>. Acesso em: 1 abr. 2019.
- HARRISON, H. **International aviation and terrorism**: evolving threats, evolving security. New York: Routledge. 2009.
- HASSAN, D. Sport and terrorism: Two of the modern life's most prevalent themes. **The International Review of Sociology of Sport**, Brighton, v. 47, n. 3, 2012.
- JAYAWARDHANA, A. Ensuring security against threats of terrorist acts in Mega Sport Events. **International Journal of Sport Management, Recreation & Tourism**, v. 25, p.1-8, 2016.
- JENKINS, M. B. The terrorist threat to commercial aviation. *In*: **International Seminar on Aviation Security**, Herseliyya, 1989. Disponível em: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P7540.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2017.
- KIBAROGLU, M.; ERSEN, M.U. (Ed.). **Analysis and Strategies to Counter the Terrorism Threat**. Amsterdam: IOS Press. 2011. Disponível em: <http://ebookcentral.proquest.com.ezproxy.lib.purdue.edu/lib/purdue/reader.action?cld=836212>. Acesso em: 04 jul. 2018.
- KIM, N.; CHALIP, L. Why travel to the FIFA World Cup? Effects of motives, background, interest, and constraints. **Tourism Management**, v. 25, n. 6, 2004.
- KOTLER, J. Colombia passenger plane hijacked. **AP News**, Nova Iorque, 9 set 2000. Disponível em: <https://www.apnews.com/a1c33110b4a2fb8e435708718bd620e1>. Acesso em: 24 jun 2018.
- MACDONALD, K. One day in September. 1999. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=p8VHxcb8kFA>. Acesso em: 22 jan. 2019.
- MANGAN, J. A; DACOSTA, L. **Sport in Latin America society**: past and present. Londres: Routledge. 2001.
- MARTIN, G. **Understanding terrorism**: challenges, perspective, and issues. Los Angeles: SAGE, 2013.
- MONTREAL OLYMPIC ORGANIZING COMMITTEE. **Official Report**, vol. 1, 1978. Disponível em: https://stillmed.olympic.org/Documents/Reports/Official%20Past%20Games%20Reports/Summer/1976/ENG/1976-RO-S-Montreal-Vol_1_1.pdf. Acesso em: 22 set. 2018.
- SALTER, M. B. Imagining Numbers: Risk, Quantification, and Aviation Security. **Security**

Dialogue, v. 39, n. 2-3, 2008. Disponível em: <http://sdi.sagepub.com/content/39/2-3/243.full.pdf+html>. Acesso em: 22 nov. 2018.

TILLY, C. Terror, terrorism, terrorists. In: **Sociological Theory**, v. 22, n. 1, p.5-13, 2004.

UNITED STATES. Central Intelligence Agency. **National Strategy for Combating Terrorism**, 2003. Disponível em: https://www.cia.gov/news-information/cia-the-war-on-terrorism/Counter_Terrorism_Strategy.pdf. Acesso em: 12 jun. 2017.

UNITED STATES. Department of Homeland Security (DHS). **Final report of the Task Force on combating. Terrorism and foreign fighter travel**. September, 2015. Disponível em: <https://>

homeland.house.gov/wp-content/uploads/2015/09/TaskForceFinal_Report.pdf. Acesso em: 23 abr. 2018.

UNITED STATES. Department of Transportation. **Worldwide civil aviation hijackings 1970-2000**. 2001. Disponível em: http://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov/bts/files/publications/transportation_statistics_annual_report/2001/html/chapter_05_figure_01_114.html. Acesso em: 13 maio 2019.

VAN LEEUWEN, M. **Confronting Terrorism: european experiences, threat perceptions, and policies**. Zuidpoolsingel: Kluwer Law International, 2003.

WELLS, A. T; YOUNG, S. B. **Airport Planning & Management**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2004.

Alterações musculoesqueléticas em ambiente de microgravidade

Musculoskeletal changes in a microgravity environment

Cambios musculoesqueléticos en un entorno de microgravedad

Leandro Emílio Nascimento Santos^I

Robinson Esteves Pires^{II}

Cláudia Sousa Antunes^{III}

Ricardo Gakiya Kanashiro^{IV}

RESUMO

O astronauta é um indivíduo que trabalha em um ambiente hostil de microgravidade. Esse ambiente anormal altera a fisiologia humana em praticamente todos os sistemas orgânicos. O sistema musculoesquelético apresenta repercussões clínicas que podem estender-se mesmo após a missão espacial. Conhecer as alterações do sistema osteomuscular para atuar antes, durante e depois do voo espacial é fundamental, pois a hipotrofia óssea pode permanecer anos após o retorno à Terra. A intervenção médica visa reduzir os riscos de agravos à saúde relacionados ao sistema musculoesquelético. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica para identificar as alterações musculoesqueléticas no ambiente de microgravidade e descrever medidas de prevenção e tratamento durante e após viagem aeroespacial.

Palavras-chave: Astronautas. Microgravidade. Sistema musculoesquelético. Voo espacial.

ABSTRACT

The astronaut is an individual who works in a hostile microgravity environment. This abnormal environment changes human physiology in virtually all organ systems. The musculoskeletal system has clinical repercussions that can extend even after the space mission. Knowing the changes in the musculoskeletal system to act before, during and after the space flight is essential, since bone hypotrophy can remain years after returning to Earth.

Medical intervention aims to reduce the risks of health problems related to the musculoskeletal system. The aim of this study is to perform a bibliographic review to identify musculoskeletal changes in the microgravity environment and to describe prevention and treatment measures during and after aerospace travel.

Keywords: Astronauts. Microgravity. Musculoskeletal system. Space flight.

RESUMEN

El astronauta es un individuo que trabaja en un ambiente hostil de microgravedad. Este ambiente anormal cambia la fisiología humana en prácticamente todos los sistemas orgánicos. El sistema musculoesquelético tiene repercusiones clínicas que pueden extenderse incluso después de la misión espacial. Conocer los cambios en el sistema musculoesquelético para actuar antes, durante y después del vuelo espacial es esencial, ya que la hipotrofia ósea puede permanecer años después del regreso a la Tierra. La intervención médica tiene como objetivo reducir los riesgos de problemas de salud relacionados con el sistema musculoesquelético. El objetivo de este estudio es realizar una revisión bibliográfica para identificar cambios musculoesqueléticos en el entorno de microgravedad y describir medidas de prevención y tratamiento durante y después del viaje aeroespacial.

Palabras clave: Astronautas. Microgravedad Sistema musculoesquelético. Vuelo espacial.

I. Esquadrão de Saúde de Lagoa Santa (ES-LS) – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brasil. Doutorando em Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). *E-mail:* leandroens@hotmail.com

II. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brasil. Doutor em Cirurgia e Oftalmologia pela Universidade Federal de Minas Gerais Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). *E-mail:* robinsonestevespires@gmail.com

III. Universidade da Força Aérea (UNIFA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Doutora em Letras pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). *E-mail:* claudia.sousa@yahoo.com.br

IV. Diretoria de Saúde da Aeronáutica (DIRSA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). *E-mail:* ricarkan@uol.com.br

Recebido: 12/04/19

Aceito: 13/05/19

1 INTRODUÇÃO

Há duas maneiras conhecidas de simular ambiente de microgravidade na Terra. A primeira é por meio de uma enorme aeronave, conhecida como “Cometa Vômito” que realiza uma trajetória em parábola. O avião, como uma montanha-russa, sobe até aproximadamente 32.000 pés. Durante a subida, tudo no avião parece 1.8 vezes mais pesado que a gravidade da Terra. Ao chegar no topo, os ocupantes flutuam momentaneamente por cerca de 25-30 segundos até a aeronave tornar-se paralela à superfície da Terra. Depois a aeronave desce, a gravidade aumenta gradualmente até chegar próximo dos 1,8 G, até alcançar a mesma altitude em que começou o arco parabólico – próximo dos 24.000 pés. Cada arco parabólico dura 65 segundos e, dentro de um período de treinamento de 2-3 horas, a aeronave executa 31 parábolas por voo, momento em que os astronautas testam seus equipamentos, praticam atividades como comer, beber e realizam manobras de movimento no ambiente de microgravidade. Esses voos produzem náuseas e vômitos em alguns passageiros, justificando o apelido dado ao avião de “Cometa Vômito”.

A segunda maneira de simular microgravidade é com a construção de satélites sob a água. Os astronautas se vestem em trajes espaciais para ter flutuabilidade em mergulho, como se estivessem flutuando no espaço. Pode ser usado para treinar astronautas sobre como trabalhar no espaço. Não é perfeito, pois na água há mais arrasto do que no espaço e as pessoas ainda têm gravidade dentro dos trajes, então estão trabalhando com mais dificuldade do que no espaço.

Outra maneira de simular os efeitos da microgravidade nos sistemas musculoesquelético e cardiovascular é o repouso no leito com inclinação de cabeça para baixo (*Head-Down Tilt - HDT*) de 6 graus por pelo menos 30 dias. Essa inclinação da cabeça para baixo foi sugerida pelos investigadores russos na tentativa de compensar a mudança de fluidos dos membros inferiores para região cefálica que ocorre no espaço. O repouso no leito do HDT com voluntários normais é o análogo mais comum para simulação de microgravidade e para testar contramedidas para perda óssea, atrofia muscular e cardíaca, intolerância ortostática e redução da força muscular e capacidade de exercitar. (HARGENS, 2016).

A NASA não cria um ambiente de microgravidade com o único objetivo de ajudar e treinar os astronautas. Muitos processos físicos e experimentos são testados também.

No ambiente de microgravidade, o peso dos órgãos do corpo humano diminui e o sistema osteomuscular

desenvolve alterações qualitativas e quantitativas. A magnitude do acometimento osteomuscular depende da duração da viagem espacial (TEIXEIRA, 2005).

Os músculos responsáveis pela postura ereta durante o ortostatismo são os mais afetados pela microgravidade. Esses músculos, conhecidos como antigravitacionais, atrofiam-se e até mesmo podem apresentar alterações histológicas, como a substituição de fibras do tipo I, lentas, por fibras do tipo II, de contração rápida (TEIXEIRA, 2005).

O metabolismo ósseo no espaço é alterado e o astronauta pode desenvolver osteopenia ou osteoporose. A redução da massa óssea é mais proeminente na região pélvica e nos membros inferiores (TEIXEIRA, 2005).

Faz-se necessário que os astronautas tenham uma dieta rica em cálcio, vitamina D e proteína, façam exercícios aeróbicos de impacto e anaeróbicos para amenizar a redução do estoque ósseo, ao mesmo tempo em que se busca manter o trofismo muscular.

Conhecer as alterações do sistema osteomuscular relacionadas com o voo espacial é fundamental. A intervenção médica visa reduzir os riscos de agravos à saúde relacionados ao sistema musculoesquelético, além de evitar o comprometimento da segurança e dos objetivos das missões aeroespaciais.

O objetivo do presente estudo é realizar uma revisão bibliográfica para identificar as alterações musculoesqueléticas relacionadas com o ambiente de microgravidade, além de descrever medidas de prevenção e tratamento durante a viagem aeroespacial e após o seu retorno.

2 MÉTODO

Foi realizada pesquisa nas bases de dados LILACS e PUBMED com os seguintes descritores em 2012: astronautas, atrofia muscular, medicina aeroespacial, microgravidade, osteoporose, simulação de microgravidade e voo espacial. De um total de 12619 artigos, apenas 15 foram selecionados, pois estavam relacionados às alterações musculoesqueléticas em humanos no ambiente de microgravidade.

Realizada nova pesquisa na base de dados PUBMED no período de 06/08/2018 a 08/08/2018, com os mesmos descritores, considerando estudos em humanos, nos últimos cinco anos, nas línguas espanhola, inglesa e portuguesa, foram selecionados mais 17 artigos científicos por atenderem aos critérios de seleção estritamente relacionados com as alterações musculares e ósseas em ambiente de microgravidade.

Os dois momentos da pesquisa correspondem ao ano da realização da monografia do Curso de Medicina Aeroespacial

no IMAE (UNIFA), em 2012, e ao ano da segunda coleta de dados para atualização bibliográfica, em 2018.

3 DISCUSSÃO

Os músculos perdem massa, força e rigidez tendinosa durante o voo espacial. Os mais afetados são os músculos posturais que mantêm o corpo humano em ortostatismo em um ambiente gravitacional. A partir de sete dias de voo espacial, as alterações estruturais musculares e tendinosas são detectáveis (RILEY, 1990). Após duas semanas no ambiente de microgravidade, a massa muscular diminui em até 20% (CLEMEND, 2003). Em missões mais longas – de três a seis meses – pode ocorrer uma perda de 30% do volume da massa muscular (SHACKELFORD, 2008).

A causa fundamental dessa atrofia muscular é a ausência da carga gravitacional sobre ossos e músculos durante voo espacial. Músculos sem carga apresentam mudanças bioquímicas e estruturais com redução do comprimento dos sarcômeros e redução da sua posição ótima de trabalho. Fatores adicionais como subnutrição e estresses físicos e psicológicos durante a viagem aeroespacial podem contribuir para o aumento da perda muscular (BUCKEY, 2006b). A atrofia muscular ocorre pela redução do tamanho da fibra muscular e não pela sua quantidade. Existem dois tipos de fibras musculares: as do tipo I, antigravitacionais, posturais ou de contração lenta, que possuem resistência à fadiga muscular, apresentam grande quantidade de mitocôndrias e mioglobinas, além de serem ricamente vascularizadas (BUCKEY, 2006b). As fibras musculares do tipo I são muito sensíveis à inatividade, à imobilização e à ausência de gravidade. Já as fibras musculares do tipo II ou de contração rápida possuem facilidade para fadiga e apresentam menor quantidade de mitocôndrias e mioglobinas (BUCKEY, 2006b). Essas parecem sofrer perdas maiores que as fibras do tipo I. Biópsias musculares após o desembarque também indicam uma mudança fenotípica das fibras do tipo I para fibras do tipo II, propiciando contração mais rápida, mas com maior fadiga (BUCKEY, 2006b; CLEMEND, 2003).

A diminuição do volume muscular é acompanhada de menor força muscular, embora não proporcional a essa redução. Os músculos que possuem um índice de maior atrofia muscular são: quadríceps, adutores do quadril, tríceps sural (principalmente músculo solear) e a musculatura paravertebral lombar, com especial destaque para os músculos multífidos (KAWASHIMA et al., 2004).

As alterações na lordose e na amplitude de movimento (ADM) associadas à atrofia dos músculos

multífidos ocorre na maioria dos astronautas. Entretanto, apenas aqueles com irregularidades severas na placa terminal apresentavam sintomas lombares pós-voos: lombalgia crônica ou hérnia de disco. A insuficiência de placa vertebral pré-voos pode elevar o risco de lesão dos astronautas ao retornar à carga gravitacional (BAILEY, 2017).

O repouso no leito, um análogo do voo espacial em solo, induz uma atrofia robusta da musculatura esquelética, sendo exacerbado com o aumento da idade. É já evidente após 14 dias de repouso no leito (ARENTSON-LANTZ, 2016).

A redução da rigidez tendinosa deve-se às modificações no alinhamento e comprimento das fibras colágenas, devido à ausência da gravidade.

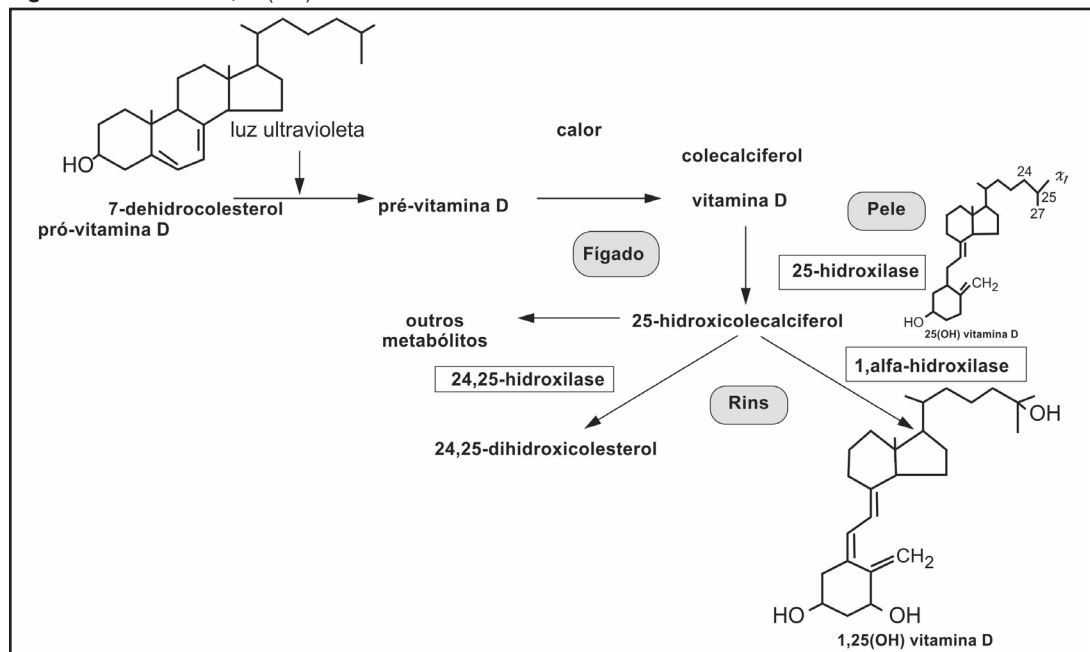
O retorno à Terra pode desencadear nos astronautas lombalgia, dores nas panturrilhas e coxas e, em alguns casos, fascíte plantar (CLEMEND, 2003; SHACKELFORD, 2008). Ao retornar da estação espacial, o astronauta deve ser submetido a um programa de reabilitação e condicionamento muscular para recuperar a massa e a força muscular, o que, geralmente, ocorre entre um e dois meses. (SHACKELFORD, 2008).

O desequilíbrio muscular causado pela hipertrofia do flexor e pela atrofia da musculatura extensora e lombo-pélvica aumenta o risco de lesão pós-missão espacial. Um método atualmente usado em voos espaciais tripulados na Europa para ajudar na recuperação pós-missão concentra-se no ensino da contração voluntária de músculos lombo-pélvicos específicos e no posicionamento da coluna vertebral, progredindo para o treinamento funcional com carga. Uma abordagem alternativa seria usar um Dispositivo de Exercício Funcional de Readaptação para recrutar adequadamente a musculatura (EVETTS, 2014).

Uma medida que aborda tanto a preservação da musculatura musculoesquelética quanto da cardiovascular é o exercício de remo de alta intensidade e curta duração seguido de exercícios de força resistida suplementar. O treino de remada preservou de forma eficaz a função e a estrutura da musculatura esquelética, evitando parcialmente a atrofia nos principais músculos antigravitacionais (KRAINSKI, 2013).

A microgravidade diminui a densidade mineral óssea. A formação óssea depende do grau de carga sobre o osso. Assim, a diminuição da carga sobre o osso dificulta e até mesmo inibe sua formação (BUCKEY, 2006a; CANN, 1997; SHACKELFORD, 2008). Outros fatores contribuem para a perda óssea, tais como o baixo nível de luz solar, que diminui a formação de vitamina D, e o ambiente com alta concentração de CO₂, que leva à acidose respiratória (BUCKLEY, 2006a).

Figura 1 - Síntese da 1,25 (OH) Vitamina D.



Fonte: PREMAOR; FURLANETTO, 2006. O 7-deidrocolesterol, através da ação da luz ultravioleta e do calor, isomeriza-se em colecalciferol na pele. É então transportado ao fígado, onde sofre ação da 25-hidroxilase, transformando-se em 25-hidroxivitamina D. Quando esta molécula chega ao rim, pode tanto transformar-se na forma ativa quando inativa deste hormônio, através da ação da 1, alfa, hidroxilase ou 24,25 hidroxilase, respectivamente.

O ambiente de microgravidade desregula a homeostase do cálcio por causa da dieta pobre deste íon, da ausência de luz solar, da elevada concentração de CO₂ e da ausência de carga sobre o osso. A diminuição do cálcio sérico eleva a secreção do paratormônio (PTH), ocasionando aumento na produção de 1,25-dihidroxicolecalciferol, aumento da absorção intestinal de cálcio e fosfato, estimula a reabsorção renal do cálcio, inibe a reabsorção renal de fosfato, além de aumentar a reabsorção óssea (Figura 2).

A desmineralização óssea começa logo ao se chegar ao espaço e pode continuar durante toda a missão. Nos primeiros dias, é observado um aumento de 60 a 70% do cálcio urinário e fecal (BUCKEY, 2006a; CLEMENT, 2003).

A perda da densidade óssea durante repouso no leito é de 1 a 2% por mês em ossos de carga como nas vértebras lombares, na pelve, no colo do fêmur, na região trocântérica, na tíbia e no calcâneo (BUCKEY, 2006a; CANCELEDDA, 2001; CLEMENT, 2004; LANG et al, 2006a; LEBLANC et al, 2002). Nessas regiões, a perda da densidade mineral óssea após 6 meses na estação espacial é de 8 a 12% (SHACKELFORD, 2008).

A maior perda óssea absoluta média por desuso ocorre no compartimento cortical, aparentemente apenas durante os primeiros 60 dias. Após esse período, a perda trabecular pode se tornar mais proeminente (CERVINKA, 2014).

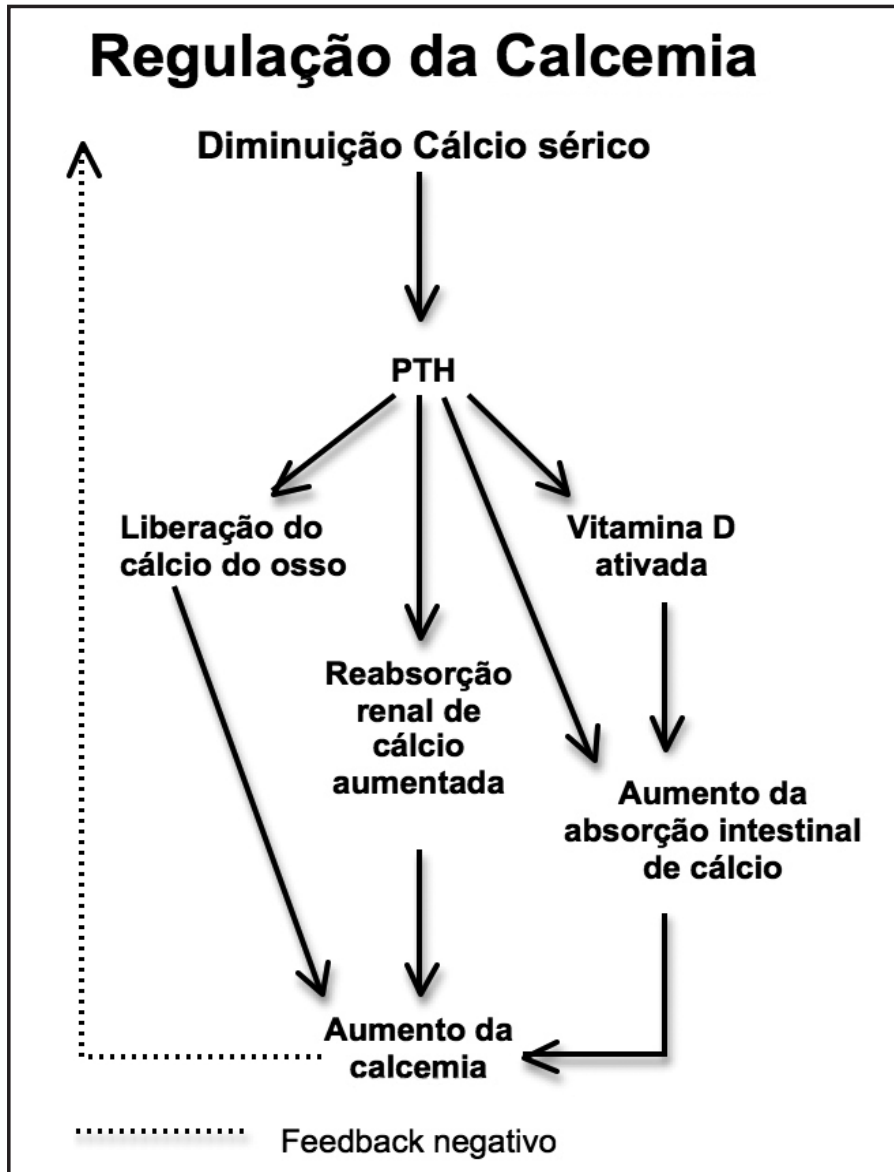
Densitometria óssea e tomografia computadorizada são exames úteis para monitorar a perda óssea e também para testar a eficácia dos exercícios de resistência e a eficácia da terapia com bisfosfonatos em astronautas que retornaram de viagens espaciais (WILLIAMS et al, 2009).

A medida da densidade mineral óssea (DMO) por absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA: *Dual-energy X-ray Absorptiometry*) é usada na NASA Johnson Space Center. Os exames de DXA da DMO da tripulação mostraram declínios acentuados na DMO para o quadril e a coluna após as típicas missões espaciais de seis meses (SIBONGA, 2015).

Os achados laboratoriais do astronauta que retorna à Terra são caracterizados por elevação dos marcadores de reabsorção óssea, marcadores de formação óssea inalterados, diminuição da síntese da vitamina D, diminuição da absorção do cálcio intestinal e aumento do cálcio sérico (LEBLANC et al. 2000). As tabelas 1, 2 e 3 caracterizam os critérios para deficiência de vitamina D, os fatores de risco para hipovitaminose D e os valores de referência do cálcio sérico em adultos, respectivamente.

O Departamento de Metabolismo Ósseo e Mineral da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM) estava discutindo os valores de normalidade da 25-OH-vitamina D há algum tempo. O valor normal proposto pela *Endocrine Society* e pela SBEM, antes acima de 30 ng/mL, foi alterado em 2017, sendo que maior do que 20 ng/mL é o desejável para população geral saudável e entre 30 e 60 ng/mL é o recomendado para grupos de risco.

Figura 2 - Homeostase do cálcio.



Fonte: O autor. Metabolismo do cálcio e fósforo. O PTH ativa a vitamina D, aumenta a absorção intestinal de cálcio, inibe a eliminação renal de cálcio, aumenta a eliminação renal de fosfato e aumenta a reabsorção óssea. Quando o cálcio sérico está aumentado, inibe a liberação do PTH: feedback negativo.

Tabela 1 - Novos critérios diagnósticos propostos pela SBEM em 2017 para deficiência de vitamina D.

Dosagem de 25-hidroxivitamina D (ng/mL)	
10 a 20 ng/mL	considerado baixo: com risco de aumentar remodelação óssea e, com isso, perda de massa óssea, além do risco de osteoporose e fraturas
> 20 ng/mL	desejável para população geral saudável
30 a 60 ng/mL	recomendado para grupos de risco como idosos, gestantes, pacientes com osteomalácia, raquitismos, osteoporose, hiperparatireoidismo secundário, doenças inflamatórias, doenças autoimunes e renal crônica e pré-bariátricos

Fonte: Departamento de Metabolismo Ósseo e Mineral da SBEM.

Tabela 2 - Fatores de risco para hipovitaminose D.

Pouca exposição à luz UVB	Diminuição da síntese de vitamina D pela pele	Doenças que alteram o metabolismo da vitamina D
Uso excessivo de roupas		Fibrose cística
Países de pouca insolação (alta latitude)	Raça amarela	Imobilização para tratamento de fratura óssea
Pouca penetração da luz UVB durante o inverno na atmosfera	Envelhecimento	Insuficiência cardíaca
Uso de bloqueadores solares		Doenças renais
Confinamento em locais onde não há exposição à luz UVB		Doenças hematológicas
		Doenças do trato gastrointestinal

Fonte: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

Tabela 3 - Valores de referência do cálcio sérico em adultos (PREMAOR; FURLANETTO, 2006).

Cálcio total	8.8 a 11.0 mg/dL
Cálcio iônico	4.60 a 5.40 mg/dL

Fonte: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

A tabela 4 mostra os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo.

Tabela 4 - Marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo.

Formação	Reabsorção
	Hidroxirolina (urina)
	Interligadores do colágeno - <i>cross-links</i> (urina e soro)
	Piridinolinas totais
Fosfatase alcalina óssea e/ou total (soro)	Piridinolina e/ou deoxipiridinolina livre
Osteocalcina (soro)	N-telopeptídeo (NTX)
Propeptídeos do colágeno tipo 1 (soro)	C-telopeptídeo (CTX)
	Fosfatase ácida tartrato-resistente (soro)

Fonte: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

A perda óssea acelerada em ambiente de microgravidade faz com que o chumbo seja liberado dos ossos onde estavam armazenados. Tal fato aumentaria o risco de saturnismo, o que causa preocupação com a concentração aceitável de chumbo na água potável de veículos espaciais. Entretanto, segundo Garcia (2013), a maioria dos astronautas em longas missões espaciais não será afetada pela liberação de chumbo dos ossos no sangue. Uma pequena porcentagem de astronautas com alta concentração de chumbo em seus ossos poderia ter aumento da plumbemia, dependendo da taxa individual de perda óssea (GARCIA, 2013).

Devido à fragilidade óssea, os astronautas que acabaram de retornar de uma viagem espacial devem ficar afastados de atividades de impacto e de voos em aviões de alto desempenho (CLEMMENT, 2003; LANG et al. 2006).

Entretanto, essa perda óssea pode persistir por mais tempo. O tempo para a recuperação do estoque ósseo é mais longo que o tempo de permanência no espaço. A recuperação da densidade óssea pode demorar até três anos após a conclusão da viagem espacial e pode não retornar aos níveis prévios à viagem (CLEMMENT, 2003). A recomposição do estoque ósseo pode formar um trabeculado e uma mineralização óssea diferentes da arquitetura óssea antes do voo (LANG et al. 2006).

Na tíbia, além da diminuição da densidade mineral óssea nos compartimentos cortical e trabecular, uma diminuição de 4% na espessura da cortical e um aumento de 15% na porosidade cortical foram observados na aterrissagem. O tamanho e a densidade cortical subsequentemente se recuperaram e as alterações séricas da periostina [marcador de atividade dos osteócitos ou metabolismo periosteal, juntamente com a esclerostina] foi associada à recuperação cortical durante um ano após o desembarque. No entanto, a porosidade cortical da tíbia ou osso trabecular não se recuperou, resultando em comprometimento da força. O rádio, preservado no pouso, desenvolveu inesperadamente fragilidade pós-voos, a partir de 3 meses após o pouso, particularmente em sua estrutura cortical. Os marcadores de remodelação, desacoplados em favor da reabsorção óssea na aterrissagem, retornaram aos valores prévios em 6 meses, depois declinaram para valores abaixo dos valores pré-voos. Nossas descobertas destacam a necessidade de medidas de proteção específicas, não apenas durante, mas também após voos espaciais, por causa das incertezas contínuas sobre a recuperação do esqueleto, muito depois do pouso (VICO, 2017, p. 2).

Acredita-se que a radiação de alta transferência de energia linear (LET: *Linear Energy Transfer*) no espaço exacerba a

perda de densidade óssea induzida pela microgravidade pela via CHK1 (*Checkpoint Kinase1*)/MEPE (*Matrix Extracellular Phosphoglycoprotein*) ativada pela radiação que exacerba os efeitos da microgravidade na perda da densidade mineral óssea em astronautas (ZHANG, 2015).

Há uma preocupação com essa fragilidade óssea devido à possibilidade de osteoporose precoce e de fratura em astronautas (CLEMENT, 2003). A fratura pode ocorrer durante atividades espaciais extenuantes – caminhadas - ou principalmente após o retorno à Terra (SHACKELFORD, 2006).

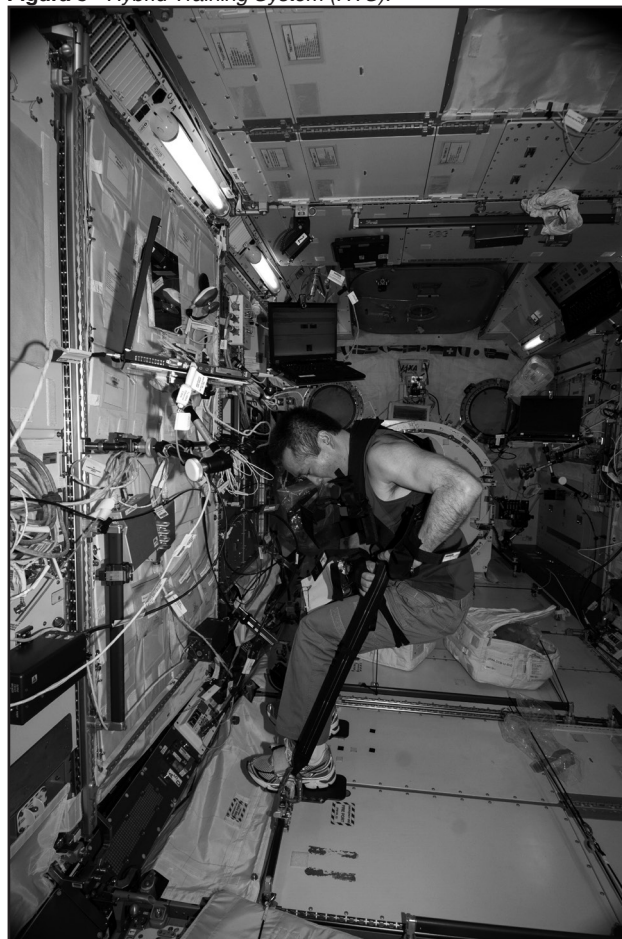
A falta de sinais mecânicos pelo desuso pode inibir a osteogênese e induzir a adipogênese das células-tronco mesenquimais. Dessa forma, a osteoporose pode ser causada também pelo número reduzido de osteoblastos. A estimulação mecânica adequada para osteogênese, particularmente sob condições de microgravidade, pode restaurar a diferenciação osteogênica normal, utilizando o ultrassom pulsátil de baixa intensidade (LIPUS: *Low Intensity Pulsed Ultrasound*) por estimulação diária de curta duração (UDDIN, 2013).

A tireóide controla os sistemas cardiovascular, musculoesquelético, nervoso e imunológico e afeta o comportamento e as funções cognitivas. Sabe-se que a microgravidade pode induzir alterações funcionais na glândula tireóide (ALBI, 2017) com conseqüente comprometimento dos sistemas supracitados.

Como a recuperação da massa óssea perdida após o voo espacial é longa, é importante atuar na prevenção da perda óssea antes e durante o voo. Assim, existem medidas para se evitar o catabolismo osteomuscular dos astronautas no ambiente de microgravidade. Tais medidas consistem em:

- seleção adequada dos astronautas, excluindo aqueles com baixa massa óssea ou tratando-os antes do voo (BUCKEY et al. 2006).
- dieta balanceada, com baixa concentração de sal (excesso pode contribuir ou facilitar a perda óssea), mas com alta concentração de cálcio e rica em proteína (BUCKEY et al. 2006).
- programa de exercícios de resistência de alta intensidade com baixas repetições e em curto espaço de tempo (BUCKEY et al. 2006). Entretanto, uma carga mecânica de baixa magnitude e alta frequência, experimentada em atividade para controle postural, também tem se mostrado anabólica ao osso e pode mitigar a perda óssea vivenciada pelos astronautas (NAGARAJA, 2014). Há também um Sistema de Treinamento Híbrido (HTS: Hybrid Training System) para manter o trofismo muscular e evitar a atrofia do sistema músculo-esquelético de um astronauta (SHIBA, 2015).

Figura 3 - Hybrid Training System (HTS).



Fonte: NASA.

- treino aeróbico para condicionamento cardiorrespiratório antes e durante a viagem espacial (QUIRINO et al. 2012). Existem alguns obstáculos a serem superados para que o astronauta possa pisar na esteira. Em primeiro lugar, eles devem se prender, para não flutuar. Para o astronauta correr no espaço, é necessário prendê-lo na esteira de modo que uma armadura (cinta) passe sobre os ombros e ao redor da pelve, fixando-o nos mesmos. Dois arreios laterais conectam a armadura à esteira e essa conexão pode ser ajustada de acordo com a carga que o astronauta deseja. Mais carregamento significa que os arreios tracionam mais a pessoa em direção à esteira: é como tentar correr com uma mochila mais pesada. Os astronautas precisam ajustar a velocidade e o carregamento correto para a corrida não ser desconfortável. A esteira possui um sistema de isolamento de vibração para que o corredor não transmita carga à estrutura da estação espacial.

- exercícios físicos tais como: abdução e adução de quadril, exercícios de extensão de tronco, agachamento e flexão plantar do tornozelo por meio de uma máquina conhecida como Dispositivo Avançado de Exercício Resistivo (ARED: *Advanced Resistive Exercise Device*), em que se usam cilindros de vácuo acionados por pistão de resistência ajustável para fornecer carga aos astronautas e manter a força e a massa muscular durante longos períodos no espaço.
- uso de suplementos e medicações como cálcio, vitamina D e bisfosfonatos (BUCKEY et al, 2006).
- monitorização do cálcio urinário e sérico, além dos marcadores de reabsorção e formação óssea (BUCKEY et al. 2006). A reabsorção óssea provocada pelas missões espaciais eleva o cálcio sérico e urinário e o risco de nefrolitíase. A maneira mais fácil de prevenir o risco de cálculos renais é aumentar o consumo de água (SMITH, 2015).

- exposição intermitente da tripulação a um ambiente com gravidade durante o voo espacial: centrifugação é uma maneira plausível de gerar gravidade artificial. No espaço, é possível criar “gravidade artificial” girando a estação espacial. Cria-se um sistema rotativo que produz o mesmo efeito da gravidade, pois produz-se uma força (força centrífuga), que atua para puxar os habitantes para o exterior. Esse processo pode ser usado para simular a gravidade. Ao ajustar certos parâmetros de uma estação espacial, como o raio e a taxa de rotação, pode-se criar uma força nas paredes externas que se igualaria à força da gravidade. Assim, as paredes externas da estação espacial seriam o piso na estação espacial. A “força” centrífuga empurra objetos para fora, mas a força da estação espacial fornece uma “força centrípeta” oposta que empurra para dentro. Isso seria semelhante ao andar na superfície de um planeta (se a estação espacial estiver girando na velocidade correta). No entanto, as grandes forças de Coriolis também estariam presentes, e os objetos cairiam em curvas em vez de linhas retas (ANDERSON, 2015).

Figura 4 - *Advanced Resistive Exercise Device (ARED)*.



Fonte: NASA.

4 CONCLUSÃO

A exposição ao ambiente de microgravidade espacial descondiciona o astronauta, causando atrofia do sistema musculoesquelético com diminuição do volume e da força muscular e perda da massa óssea. Estas adaptações fisiológicas ocorrem logo após a sua chegada ao ambiente de microgravidade. Essas mudanças têm potencial deletério ao sistema musculoesquelético do astronauta, com risco aumentado de fratura ao retornar à Terra, além de potencial para prejudicar a eficácia da missão no espaço. A intervenção terapêutica antes, durante e depois da viagem aeroespacial, por meio de uma dieta balanceada e com um programa de exercícios físicos definidos, deve ser implementada com o intuito de evitar a deterioração osteomuscular do astronauta.

REFERÊNCIAS

- ALBI, E. *et al.* Impact of Gravity on Thyroid Cells. **International Journal of Molecular Sciences**, Basileia, v. 18, n. 5, 2017. Disponível em: https://www.wizdom.ai/publication/10.3390/IJMS18050972/title/impact_of_gravity_on_thyroid_cells. Acessado em: 12 mar 2019, doi: 10.3390/ijms18050972.
- ANDERSON, R. **Can artificial gravity be created in space?** 2015. Disponível em: <http://curious.astro.cornell.edu/about-us/150-people-in-astronomy/space-exploration-and-astronauts/general-questions/927-can-artificial-gravity-be-created-in-space-intermediate>. Acesso em: 19 ago 2018.
- ARENTSON-LANTZ, E. J.; ENGLISH, K. L.; PADDON-JONES, D.; FRY, C. S. Fourteen days of bed rest induces a decline in satellite cell content and robust atrophy of skeletal muscle fibers in middle-aged adults. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 120, n. 8, 2016. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00799.2015>. Acessado em: 02 dez 2017, doi:10.1152/jappphysiol.00799.2015.
- BAILEY J. F. *et al.* From the international space station to the clinic: how prolonged unloading may disrupt lumbar spine stability. **The Spine Journal**. Boston, v. 18, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28962911>. Acessado em: 05 fev 2018. doi: 10.1016/j.spinee.2017.08.261.
- BUCKEY, J. C. J. Bone loss: managing calcium and bone loss in space. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006a. cap 1, p. 3-32.
- BUCKEY, J. C. J. Muscle loss: approach to maintaining strength. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006b. cap. 4, p. 77-100.
- CANCEDDA, R. The skeletal system. In: FITTON, B; BATTRICK, B. **A world without gravity: research in space for health and industrial processes**. Paris: European Space Agency, 2001. p. 83-92.
- CANN, C. Response of the skeletal system to spaceflight. In: Churchill, S. E. **Fundamentals of space life sciences**. Malabar: Krieger publishing company, 1997. p. 83-103.
- CERVINKA, T.; SIEVÄNEN, H.; HYTTINEN, J.; RITTWEGGER, J. Bone loss patterns in cortical, subcortical, and trabecular compartments during simulated microgravity. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 117, n. 1, 2014. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00021.2014>. Acessado em: 05 jul 2017. doi:10.1152/jappphysiol.00021.2014.
- CLEMENT, G. Muscle-skeletal system in space. In: _____. **Fundamentals of space medicine**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 173- 204.
- EVETTS, S. N., *et al.* Post space mission lumbo-pelvic neuromuscular reconditioning: a European perspective. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Nova lorque, v. 85, n. 7, 2014. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2014/00000085/00000007/art00014>. Acessado em: 07 ago 2016.
- GARCIA, H. D.; HAYS, S. M.; TSUJI, J. S. Modeling of blood lead levels in astronauts exposed to lead from microgravity-accelerated bone loss. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**. Nova lorque, v. 84, n. 12, 2013.
- HARGENS, A. R.; VICO, L. Long-duration bed rest as an analog to microgravity. **Journal of applied physiology**, v. 120, n. 8, p. 891-903, 2016.
- LANG, T. F. *et al.* Cortical and trabecular bone mineral loss from the spine and hip in long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 19, 2006a.
- LANG, T. F. *et al.* Adaptation of the proximal femur to skeletal reloading after long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 21, 2006b.
- QUIRINO, D; PEDRO, L. A influência da microgravidade na musculatura esquelética: alterações musculares e intervenção terapêutica. **Saúde & Tecnologia**, v. 4, n. 8, 2012.
- KAWASHIMA, S. *et al.* Human adductor muscles atrophy after short duration of unweighting. **European journal of applied physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 602-605, 2004.
- KRAINSKI, F. *et al.* The effect of rowing ergometry and resistive exercise on skeletal muscle structure and function during bed rest. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 116, n. 12, 2013. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00803.2013>. Acessado em: 20 abr 2017. doi: 10.1152/jappphysiol.00803.2013.

- LEBLANC, A. *et al.* Bone mineral and lean tissue loss after long duration space flight. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, Attiki, v. 1, 2000.
- NAGARAJA, M. P.; JO., H. The Role of Mechanical Stimulation in Recovery of Bone Loss-High versus Low Magnitude and Frequency of Force. **Life, Basiléia**, v. 4, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25370188>. Acessado em: 27 mai 2016, doi: 10.3390/life4020117.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/163.html. Acesso em: ago. 2018.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1001.html. Acesso em: ago. 2018.
- PREMAOR, M. O.; FURLANETTO, T. W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, ABE&M**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 25-37, 2006.
- QUÍMICA Fisiológica, 2017. Disponível em: <http://quimicafisiologicaufrj.blogspot.com/2017/07/metabolismo-do-calcio-e-fosfato.html>. Acesso em: ago. 2018.
- RILEY, D. A. *et al.* Skeletal muscle fiber, nerve, and blood vessel breakdown in space-flown rats. **The FASEB Journal, Rockville**, v. 4:, n. 1, 1990, doi: doi.org/10.1096/fasebj.4.1.2153085.
- SHIBA, N. *et al.* Electrically Stimulated Antagonist Muscle Contraction Increased Muscle Mass and Bone Mineral Density of One Astronaut - Initial Verification on the International Space Station. **PLoS One**, San Francisco, v. 10, n. 8, 2015. 21 ago. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0134736>. Acessado em 09 fev 2017. doi:10.1371/journal.pone.0134736.
- SIBONGA J. D. *et al.* **Evaluating Bone Loss in ISS Astronauts. Aerospace Medicine and Human Performance**, Alexandria, v. 86, n. 12, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26630194>. Acessado em: 14 jun 2016, doi: 10.3357/AMHP.EC06.2015.
- SHACKELFORD, L. C. Musculoskeletal response to space flight. In: BARRATT M. R., POOL, S. L. **Principles of clinical medicine for space flight**. New York: Springer Science and Business Media, 2008. p. 293-306.
- SMITH, S. M. *et al.* Bone metabolism and renal stone risk during International Space Station missions. **Bone**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26456109>. Acessado em: 27 ago 2016, doi: 10.1016/j.bone.2015.10.002.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA. **Vitamina D: novos valores de referência**. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: 31 jul 2018.
- TEIXEIRA, R. C. M. Atmosfera e espaço. In: TEMPORAL, W. **Medicina aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes, 2005. cap. 3, p. 75-76.
- UDDIN, S. M., QIN, Y. X. Enhancement of osteogenic differentiation and proliferation in human mesenchymal stem cells by a modified low intensity ultrasound stimulation under simulated microgravity. **PLoS One**. San Francisco, v. 8, n. 9, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073914>. Acessado em: 04 set 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0073914.
- VICO, L. *et al.* Cortical and Trabecular Bone Microstructure Did Not Recover at Weight-Bearing Skeletal Sites and Progressively Deteriorated at Non-Weight-Bearing Sites During the Year Following International Space Station Missions. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 30, n. 10, 2017. Disponível em: <https://asbmr.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jbmr.3188>. Acessado em: 09 out 2018, doi: 10.1002/jbmr.3188.
- VITAMINA D: novos valores de referência. **Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia**, 2017. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: jul. 2018.
- WILLIAMS, D. *et al.* Acclimation during space flight: effects on human physiology. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, n. 13, p. 1317-23, jun. 2009.
- ZHANG, X.; WANG, P.; WANG, Y. Radiation activated CHK1/MEPE pathway may contribute to microgravity-induced bone density loss. **Life Sciences in Space Research**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26553637>. Acessado em: 08 ago 2016. doi: 10.1016/j.lssr.2015.08.004.

Musculoskeletal alterations in microgravity environment

Cambios musculoesqueléticos en el entorno de microgravedad

Alterações musculoesqueléticas em ambiente de microgravidade

Leandro Emílio Nascimento Santos^I

Robinson Esteves Pires^{II}

Cláudia Sousa Antunes^{III}

Ricardo Gakiya Kanashiro^{IV}

ABSTRACT

The astronaut is an individual working in a hostile environment of microgravity. This abnormal environment alters human physiology in virtually all organic systems. The musculoskeletal system has clinical repercussions that may extend even after the space mission. Knowing the changes in the musculoskeletal system to act before, during and after spaceflight is essential, as bone hypotrophy can remain years after returning to Earth. Medical intervention aims to reduce the risks of health problems related to the musculoskeletal system. The aim of this study is to conduct a literature review to identify musculoskeletal alterations in the microgravity environment and describe prevention and treatment measures during and after aerospace travel.

Keywords: Astronauts. Microgravity. Musculoskeletal system. Space flight.

RESUMEN

El astronauta es un individuo que trabaja en un ambiente hostil de microgravedad. Ese ambiente anormal altera la fisiología humana en prácticamente todos los sistemas orgánicos. El sistema musculoesquelético tiene repercusiones clínicas que pueden extenderse incluso después de la misión espacial. Conocer los cambios del sistema osteomuscular para actuar antes, durante y después del vuelo espacial es fundamental, porque la hipotrofia ósea puede permanecer años después del regreso a la Tierra. La intervención médica tiene por objeto

reducir los riesgos de los problemas de salud relacionados con el sistema musculoesquelético. El objetivo de este estudio es realizar una revisión bibliográfica para identificar los cambios musculoesqueléticos en el entorno de microgravedad y describir las medidas de prevención y tratamiento durante y después de los viajes aeroespaciales.

Palabras clave: Astronautas. Microgravedad. Sistema musculoesquelético. Vuelo espacial.

RESUMO

O astronauta é um indivíduo que trabalha em um ambiente hostil de microgravidade. Esse ambiente anormal altera a fisiologia humana em praticamente todos os sistemas orgânicos. O sistema musculoesquelético apresenta repercussões clínicas que podem estender-se mesmo após a missão espacial. Conhecer as alterações do sistema osteomuscular para atuar antes, durante e depois do voo espacial é fundamental, pois a hipotrofia ósea pode permanecer anos após o retorno à Terra. A intervenção médica visa reduzir os riscos de agravos à saúde relacionados ao sistema musculoesquelético. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica para identificar as alterações musculoesqueléticas no ambiente de microgravidade e descrever medidas de prevenção e tratamento durante e após viagem aeroespacial.

Palavras-chave: Astronautas. Microgravidade. Sistema musculoesquelético. Voo espacial.

I. Lagoa Santa Health Squadron (ES-LS) – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brazil. Doctor course Applied Sciences to Surgery and Ophthalmology by Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: leandroens@hotmail.com

II. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brazil. Doctor Degree in Surgery and Ophthalmology by Minas Gerais Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: robinsonestevespires@gmail.com

III. Universidade da Força Aérea (UNIFA) – Rio de Janeiro/RJ – Brazil. Doctor Degree in Linguistics (Letras) by Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: claudia.sousa@yahoo.com.br

IV. Aeronautics Health Directorate (DIRSA) – Rio de Janeiro/RJ – Brazil. Master's Degree in Airspace Sciences by Universidade da Força Aérea (UNIFA). E-mail: ricarkan@uol.com.br

The acronyms and abbreviations contained in this article correspond to the ones used in the original article in Portuguese.

Received: 04/12/19

Accepted: 05/13/19

1 INTRODUCTION

There are two known ways to simulate microgravity environment on Earth. The first is through a huge aircraft, known as “Vomit Comet” that performs a parabola trajectory. The plane, like a roller coaster, rises to approximately 32,000 feet. During the ascent, everything on the plane looks 1.8 times heavier than Earth’s gravity. Upon reaching the top, the occupants float momentarily for about 25-30 seconds until the aircraft becomes parallel to the earth’s surface. After the aircraft descends, the gravity gradually increases to close to 1.8 G, until it reaches the same altitude at which the parabolic arc began – close to 24,000 feet. Each parabolic arc lasts 65 seconds and, within a 2-3-hour training period, the aircraft performs 31 parabolas per flight, at which point astronauts test their equipment, practice activities such as eating, drinking, and performing motion maneuvers in the microgravity environment. These flights produce nausea and vomiting in some passengers, justifying the nickname given to the plane of “Vomit Comet”.

The second way to simulate microgravity is by building satellites under water. Astronauts dress in space suits to have buoyancy in diving, as if they were floating into space. It can be used to train astronauts on how to work in space. It’s not perfect, because in the water there’s more drag than in space and people still have gravity inside the suits, so they’re working harder than in space.

Another way to simulate the effects of microgravity in the musculoskeletal and cardiovascular systems is the resting in bed with head-down tilt (HDT) of 6 degrees for, at least, 30 days. This tilt of the head down was suggested by Russian researchers in an attempt to compensate for the change of fluids from the lower limbs to the cephalic region that occurs in space. HDT bed rest with normal volunteers is the most common analogue for microgravity simulation and for testing countermeasures for bone loss, muscle and cardiac atrophy, orthostatic intolerance, and reduced muscle strength and exercise ability. (HARGENS, 2016).

NASA does not create a microgravity environment with the sole purpose of helping and training astronauts. Many physical processes and experiments are tested as well.

In the microgravity environment, the weight of the organs of the human body decreases and the musculoskeletal system develops qualitative

and quantitative changes. The magnitude of musculoskeletal involvement depends on the duration of space travel (TEIXEIRA, 2005).

The muscles responsible for upright posture during orthostatism are the most affected by microgravity. These muscles, known as antigravitational, atrophy and may even present histological changes, such as the replacement of type I fibers, slow, by type II fibers, of rapid contraction (TEIXEIRA, 2005).

Bone metabolism in space is altered and the astronaut may develop osteopenia or osteoporosis. Bone mass reduction is more prominent in the pelvic region and lower limbs (TEIXEIRA, 2005).

It is necessary that astronauts have a diet rich in calcium, vitamin D and protein, do aerobic exercises of impact and anaerobic to mitigate the reduction of bone stock, while seeking to maintain muscle trophism.

Knowing the changes in the musculoskeletal system related to spaceflight is essential. Medical intervention aims to reduce the risks of health problems related to the musculoskeletal system, in addition to avoiding compromising the safety and objectives of aerospace missions.

The aim of this study is to conduct a literature review to identify musculoskeletal alterations related to the microgravity environment, in addition to describing prevention and treatment measures during the aerospace trip and after their return.

2 METHOD

A search was conducted in LILACS and PUBMED databases with the following descriptors in 2012: astronauts, muscle atrophy, aerospace medicine, microgravity, osteoporosis, microgravity simulation, and spaceflight. Of a total of 12,619 articles, only 15 were selected, as they were related to musculoskeletal alterations in humans in the microgravity environment.

A new research was carried out in the PUBMED database in the period from 06/08/2018 to 08/08/2018, with the same descriptors, considering studies in humans, in the last five years, in the Spanish, English and Portuguese languages, and 17 more scientific articles were selected for meeting the selection criteria strictly related to muscle and bone changes in a microgravity environment.

The two moments of the survey correspond to the year of realization of the monograph of the Aerospace Medicine Course in IMAE (UNIFA), in 2012, and the year of the second collection of data for bibliographic update, in 2018.

3 DISCUSSION

Muscles lose mass, strength, and tendon stiffness during spaceflight. The most affected are the postural muscles that keep the human body in orthostatism in a gravitational environment. From seven days of space flight, muscle and tendinous structural changes are detected (RILEY, 1990). After two weeks in the microgravity environment, muscle mass decreases by up to 20% (CLEMENT, 2003). On longer missions - three to six months - a loss of 30% of muscle mass volume may occur (SHACKELFORD, 2008).

The fundamental cause of this muscle atrophy is the absence of gravitational load on bones and muscles during spaceflight. Muscles without any loads present biochemical and structural changes with reduction of the length of the sarcomeres and reduction of their optimal working position. Additional factors such as malnutrition and physical and psychological stresses during aerospace travel may contribute to increased muscle loss (BUCKEY, 2006b). Muscle atrophy occurs by reducing the size of the muscle fiber and not by its quantity. There are two types of muscle fibers: type I, antigravitational, postural or slow contraction, which have resistance to muscle fatigue, have a large number of mitochondria and myoglobins, besides being richly vascularized (BUCKEY, 2006b). Type I muscle fibers are very sensitive to inactivity, immobilization and the absence of gravity. Type II, or rapid contraction muscle fibers, have ease of fatigue and have a lower number of mitochondria and myoglobins (BUCKEY, 2006b). These seem to suffer greater losses than type I fibers. Muscle biopsies after landing also indicate a phenotypic change of type I fibers to type II fibers, providing faster contraction, but with greater fatigue (BUCKEY, 2006b; CLEMEND, 2003).

The decrease in muscle volume is accompanied by lower muscle strength, although not proportional to this reduction. Muscles with a higher muscle atrophy index are: quadriceps, hip adductors, sural triceps (mainly soleus muscle) and lumbar paravertebral muscles, with special emphasis on the multifidus muscles (KAWASHIMA et al., 2004). Changes in lordosis and range of motion (ROM) associated with muscle multifidus atrophy occurs in most astronauts. However, only those with severe terminal plaque irregularities had

post-flight lumbar symptoms: chronic low back pain or herniated disc. Pre-flight vertebral plate insufficiency may increase astronauts' risk of injury by returning to gravitational load (BAILEY, 2017).

Bed rest, an analogue of spaceflight in soil, induces a robust atrophy of skeletal muscles, being exacerbated with increasing age. It is already evident after 14 days of bed rest (ARENTSON-LANTZ, 2016).

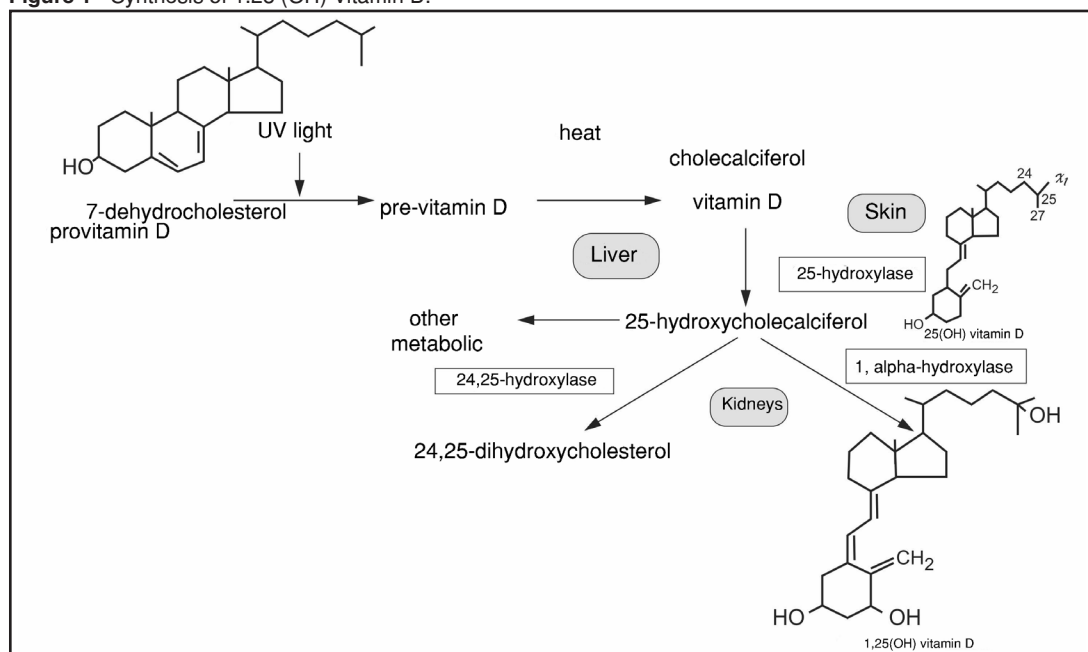
The reduction of tendon stiffness is due to changes in the alignment and length of collagen fibers due to the absence of gravity.

The return to Earth can trigger in astronauts low back pain, pain in the calves and thighs and, in some cases, plantar fasciitis (CLEMEND, 2003; SHACKELFORD, 2008). Upon returning from the space station, the astronaut must undergo a rehabilitation and muscle conditioning program to regain muscle mass and strength, which usually occurs between one and two months. (SHACKELFORD, 2008).

Muscle imbalance caused by flexor hypertrophy and extensor and loin-pelvic muscle atrophy increases the risk of post-space mission injury. A method currently used in manned space flights in Europe to assist in post-mission recovery focuses on teaching voluntary contraction of specific loin-pelvic muscles and positioning the spine, progressing to functional training with load. An alternative approach would be to use a Functional Readaptation Exercise Device to adequately recruit the musculature (EVETTS, 2014).

One measure that addresses both the preservation of musculoskeletal and cardiovascular muscles is high intensity and short duration rowing exercise followed by supplementary resistance strength exercises. Rowing training effectively preserved skeletal muscle function and structure, partially avoiding atrophy in the main antigravitational muscles (KRAINSKI, 2013).

Microgravity decreases bone mineral density. Bone formation depends on the degree of load on the bone. Thus, the decrease of the load on the bone hinders and even inhibits its formation (BUCKEY, 2006a; CANN, 1997; SHACKELFORD, 2008). Other factors contribute to bone loss, such as low sunlight, which decreases vitamin D formation, and the environment with high CO₂ concentration, which leads to respiratory acidosis (BUCKLEY, 2006a).

Figure 1 - Synthesis of 1,25 (OH) Vitamin D.

Source: PREMAOR; FURLANETTO, 2006. 7-dehydrocholesterol, through the action of ultraviolet light and heat, is isomerized in cholecalciferol in the skin. It is then transported to the liver, where it undergoes the action of 25-hydroxylase, turning into 25-hydroxyvitamin D. When this molecule reaches the kidney, it can either become the active or inactive form of this hormone, through the action of 1, alpha, hydroxylase or 24.25 hydroxylase, respectively.

The microgravity environment deregulates calcium homeostasis because of the poor diet of this ion, the absence of sunlight, the high concentration of CO₂ and the absence of load on the bone. The decrease in serum calcium increases the secretion of parathyroid hormone (PTH), causing an increase in the production of 1,25-dihydroxyvitamin D, increased intestinal absorption of calcium and phosphate, stimulates renal resorption of calcium, inhibits renal phosphate resorption, and increases bone resorption (Figure 2).

Bone demineralization begins as soon as you reach space and can continue throughout the mission. In the first days, an increase of 60 to 70% of urinary and fecal calcium is observed (BUCKEY, 2006a; CLEMENT, 2003).

Bone density loss during bed rest is 1 to 2% per month in load bones such as lumbar vertebrae, pelvis, femoral neck, trochanteric region, tibia and calcaneus (BUCKEY, 2006a; CANCEDDA, 2001; CLEMENT, 2004; LANG et al, 2006a; LEBLANC et al, 2002). In these regions, the loss of bone mineral density after 6 months in the space station is 8 to 12% (SHACKELFORD, 2008).

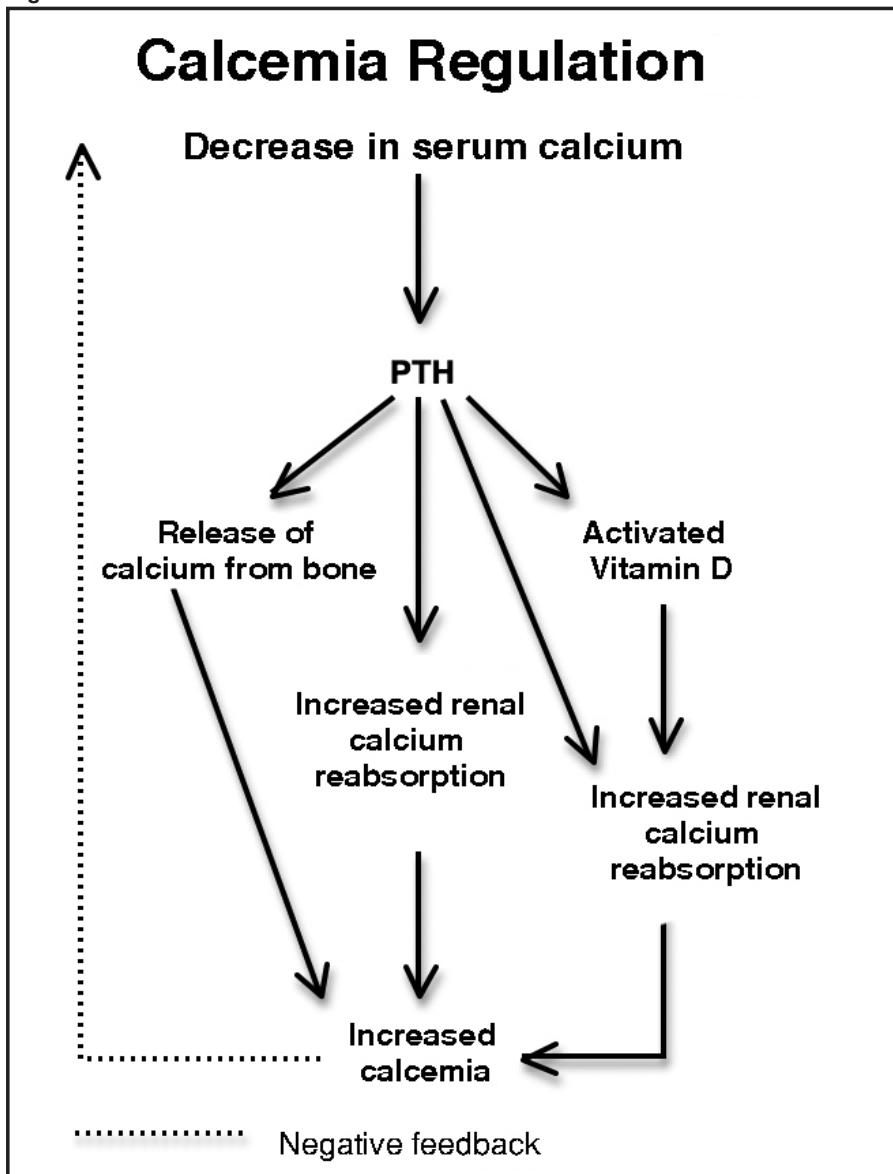
The highest mean absolute bone loss per disuse occurs in the cortical compartment, apparently only during the first 60 days. After this period, trabecular loss may become more prominent (CERVINKA, 2014).

Bone densitometry and computed tomography are useful tests to monitor bone loss and also to test the effectiveness of resistance exercises and the effectiveness of bisphosphonate therapy in astronauts who have returned from space travel (WILLIAMS et al, 2009). Bone mineral density (MOD) measurement by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is used at NASA Johnson Space Center. The crew's DMO DXA scans showed sharp declines in DMO for the hip and spine after typical six-month space missions (SIBONGA, 2015).

The laboratory findings of astronaut returning to Earth are characterized by increased bone resorption markers, unchanged bone formation markers, decreased vitamin D synthesis, decreased intestinal calcium absorption, and increased serum calcium (LEBLANC et al. 2000). Tables 1, 2 and 3 characterize the criteria for vitamin D deficiency, the risk factors for hypovitaminosis D, and the reference values of serum calcium in adults, respectively.

The Department of Bone and Mineral Metabolism of the Brazilian Society of Endocrinology and Metabology (SBEM) had been discussing the normality values of 25-OH-vitamin D for some time. The normal value proposed pela Endocrine Society and SBEM, previously above 30 ng/mL, was changed in 2017, and higher than 20 ng/mL is desirable for healthy general population, and between 30 and 60 ng/mL is recommended for risk groups.

Figure 2 - Calcium Homeostasis.



Source: The author. Calcium and phosphorus metabolism. The PTH activates vitamin D, increases the intestinal absorption of calcium, inhibits the renal elimination of calcium, increases the renal elimination of phosphate and increase the bone resorption. When the serum calcium is increasing, it inhibits the release of the PTH: negative feedback.

Table 1 - New diagnostic criteria proposed by SBEM in 2017 for vitamin D deficiency.

Dosage of 25-hydroxivitamin D (ng/mL)	
10 to 20 ng/mL	considered low: at risk of increasing bone remodeling and, thereby, loss of mass bone, in addition to the risk of osteoporosis and fractures
> 20 ng/mL	desirable for healthy general population
30 to 60 ng/mL	recommended for risk groups such as the elderly, pregnant women, patients with osteomalacia, rickets, osteoporosis, secondary hyperparathyroidism, inflammatory diseases, autoimmune diseases and chronic renal and pre-bariatric diseases

Source: Department of Bone and Mineral Metabolism of SBEM.

Tabela 2 - Risk factors for hypovitaminosis D.

Low UVB light exposure	Decreased synthesis of vitamin D by the skin	Diseases that alter vitamin D metabolism
Excessive use of clothing		Cystic fibrosis
Low-heat countries (high latitude)	Yellow race	Immobilization for bone fracture treatment
Little penetration of UVB light during winter in the atmosphere	Aging	Heart failure
Using solar blockers		Kidney Diseases
Confinement in places where there is no UVB light exposure		Hematological diseases
		Diseases of the gastrointestinal tract

Source: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

Table 3 - Serum calcium reference values in adults (PREMAOR; FURLANETTO, 2006).

Total calcium	8.8 to 11.0 mg/dL
Ionic calcium	4.60 to 5.40 mg/dL

Source: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

Table 4 shows biochemical markers of bone metabolism.

Table 4 - Biochemical markers of bone metabolism.

Formation	Reabsorption
	Hydroxyproline (urine)
	Collagen cross-links (urine and serum)
	Total pyridinolines
Alkaline bone and/or total phosphatase	Pyridinoline and/or free
Osteocalcin (serum)	N-telopeptídeo (NTX)
Type 1 collagen propeptides (serum)	C-telopeptídeo (CTX)
	Acid phosphatase tartrate-resistant (serum)

Source: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

Accelerated bone loss in a microgravity environment causes lead to be released from the bones where they were stored. This would increase the risk of saturnism, which causes concern about the acceptable concentration of lead in the drinking water of space vehicles. However, according to Garcia (2013), most astronauts on long space missions will not be affected by the release of lead from the bones in the blood. A small percentage of astronauts with high lead concentration in their bones could have increased

plumbemia, depending on the individual rate of bone loss (GARCIA, 2013).

Due to bone fragility, astronauts who have just returned from a space trip should stay away from impact activities and flights on high-performance aircraft (CLEMENT, 2003; LANG et al. 2006).

However, this bone loss may persist for longer. The time for recovery of bone stock is longer than the time of permanence in space. Bone density recovery may take up to three years after completion of space travel and may not return to pre-trip levels (CLEMENT, 2003). Bone stock re-composition may form a trabeculate and bone mineralization different from bone architecture before flight (LANG et al. 2006).

In the tibia, in addition to the decrease in bone mineral density in the cortical and trabecular compartments, a 4% decrease in cortical thickness and a 15% increase in cortical porosity were observed at landing. Cortical size and density subsequently recovered and the serum changes of the periostin [marker of osteocyte activity or periosteal metabolism, along with sclerostin] was associated with cortical recovery for one year after landing. However, cortical porosity of the tibia or trabecular bone did not recover, resulting in impaired strength. The radius, preserved on landing, unexpectedly developed post-flight fragility, starting 3 months after landing, particularly in its cortical structure. The remodeling markers, decoupled in favor of bone resorption at landing, returned to the previous values in 6 months, then declined to values below the preflight values. Our findings highlight the need for specific protective measures, not only during, but also after space flights, because of ongoing uncertainties about the skeleton's recovery long after landing (VICO, 2017, p. 2).

It is believed that high-energy linear transfer radiation (LET: Linear Energy Transfer) in space exacerbates the loss of bone density induced by

microgravity via CHK1 (Checkpoint Kinase 1)/MEPE (Matrix Extracellular Phosphoglucoprotein) activated by the radiation that exacerbates the effects of microgravity on bone mineral in astronauts (ZHANG, 2015).

There is concern about this bone fragility due to the possibility of early osteoporosis and fracture in astronauts (CLEMENT, 2003). Fracture can occur during strenuous space activities – walking – or especially after returning to Earth (SHACKELFORD, 2006).

The lack of mechanical signs due to disuse can inhibit osteogenesis and induce adipogenesis of mesenchymal stem cells. Thus, osteoporosis can also be caused by the reduced number of osteoblasts. The adequate mechanical stimulation for osteogenesis, particularly under microgravity conditions, can restore normal osteogenic differentiation using low intensity pulsatile ultrasound (LIPUS: Low Intensity Pulsed Ultrasound) by short-term daily stimulation (UDDIN, 2013).

The thyroid controls the cardiovascular, musculoskeletal, nervous and immune systems and affects cognitive behavior and functions. It is known that microgravity can induce functional alterations in the thyroid gland (ALBI, 2017) with consequent impairment of the aforementioned systems.

As the recovery of bone mass lost after spaceflight is long, it is important to act in the prevention of bone loss before and during the flight. Thus, there are measures to avoid the musculoskeletal catabolism of astronauts in the microgravity environment. Such measures consist of:

- proper selection of astronauts, excluding those with low bone mass or treating them before the flight (BUCKEY et al. 2006).
- balanced diet, with low salt concentration (excess may contribute or facilitate bone loss), but with high calcium concentration and high protein (BUCKEY et al. 2006).
- high intensity resistance exercise program with low repetitions and in short time (BUCKEY et al. 2006). However, a mechanical load of low magnitude and high frequency, experienced in activity for postural control, has also been shown to be anabolic to bone and can mitigate the bone loss experienced by astronauts (NAGARAJA, 2014). There is also a Hybrid Training System (HTS) to maintain muscle trophism and prevent atrophy of an astronaut's musculoskeletal system (SHIBA, 2015).

Figure 3 - Hybrid Training System (HTS).



Source: NASA.

- aerobic training for cardiorespiratory conditioning before and during space travel (QUIRINO et al. 2012). There are some obstacles to overcome so that the astronaut can step on the treadmill. First of all, they must hold on, not to float. For the astronaut to run in space, it is necessary to attach him to the treadmill so that an armor (strap) passes over the shoulders and around the pelvis, fixing the straps on them. Two side harnesses connect the armor to the mat and this connection can be adjusted according to the load the astronaut desires. More loading means that harnesses bring the person more toward the treadmill: it's like trying to run with a heavier backpack. The astronauts need to adjust the correct speed and load so the race is not uncomfortable. The track has a vibration isolation system so that the runner does not transmit load to the structure of the space station.

- physical exercises such as: hip abduction and adduction, trunk extension exercises, squatting and plantar ankle flexion by means of a machine known as the Advanced Resistive Exercise Device (ARED), where adjustable resistance piston-driven vacuum cylinders are used to provide load to astronauts and maintain strength and muscle mass for long periods in space.
- use of supplements and medications such as calcium, vitamin D and bisphosphonates (BUCKEY et al, 2006).
- urinary and serum calcium monitoring, in addition to markers of resorption and bone formation (BUCKEY et al. 2006). Bone resorption caused by space missions increases serum and urinary calcium and the risk of nephrolithiasis. The easiest way to prevent the risk of kidney stones is to increase the water consumption (SMITH, 2015).
- intermittent exposure of the crew to an environment with gravity during spaceflight: centrifugation is a plausible way to generate artificial gravity. In space, you can create “artificial gravity” by rotating the space station. A rotating system is created that produces the same effect of gravity, because it produces a force (centrifugal force), which acts to pull the inhabitants outwards. This process can be used to simulate gravity. By adjusting certain parameters of a space station, such as radius and rotation rate, you can create a force on the outer walls that would equal the force of gravity. Thus, the outer walls of the space station would be the floor on the space station. The centrifugal “force” pushes objects out, but the force of the space station provides an opposite “centripetal force” that pushes inwards. This would be similar to walking on the surface of a planet (if the space station is spinning at the correct speed). However, the great forces of Coriolis would also be present, and the objects would fall into curves instead of straight lines (ANDERSON, 2015).

Figure 4 - Advanced Resistive Exercise Device (ARED).



Source: NASA.

4 CONCLUSION

The exposure to the space microgravity environment deconditions the astronaut, causing atrophy of the musculoskeletal system with decreased volume and muscle strength and loss of bone mass. These physiological adaptations occur soon after their arrival in the microgravity environment. These changes have deleterious potential to the astronaut’s musculoskeletal system, with increased risk of fracture upon returning to Earth, as well as the potential to impair the effectiveness of the mission in space. Therapeutic intervention before, during and after the aerospace trip, through a balanced diet and with a defined physical exercise program, should be implemented in order to avoid the astronaut’s musculoskeletal deterioration.

REFERENCES

- ALBI, E. *et al.* Impact of Gravity on Thyroid Cells. **International Journal of Molecular Sciences**, Basileia, v. 18, n. 5, 2017. Disponível em: https://www.wizdom.ai/publication/10.3390/IJMS18050972/title/impact_of_gravity_on_thyroid_cells. Acessado em: 12 mar 2019, doi: 10.3390/ijms18050972.
- ANDERSON, R. **Can artificial gravity be created in space?** 2015. Disponível em: <http://curious.astro.cornell.edu/about-us/150-people-in-astronomy/space-exploration-and-astronauts/general-questions/927-can-artificial-gravity-be-created-in-space-intermediate>. Acesso em: 19 ago 2018.
- ARENTSON-LANTZ, E. J.; ENGLISH, K. L.; PADDON-JONES, D.; FRY, C. S. Fourteen days of bed rest induces a decline in satellite cell content and robust atrophy of skeletal muscle fibers in middle-aged adults. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 120, n. 8, 2016. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00799.2015>. Acessado em: 02 dez 2017, doi:10.1152/jappphysiol.00799.2015.
- BAILEY J. F. *et al.* From the international space station to the clinic: how prolonged unloading may disrupt lumbar spine stability. **The Spine Journal**. Boston, v. 18, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28962911>. Acessado em: 05 fev 2018. doi: 10.1016/j.spinee.2017.08.261.
- BUCKEY, J. C. J. Bone loss: managing calcium and bone loss in space. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006a. cap 1, p. 3-32.
- BUCKEY, J. C. J. Muscle loss: approach to maintaining strength. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006b. cap. 4, p. 77-100.
- CANCEDDA, R. The skeletal system. In: FITTON, B; BATTRICK, B. **A world without gravity: research in space for health and industrial processes**. Paris: European Space Agency, 2001. p. 83-92.
- CANN, C. Response of the skeletal system to spaceflight. In: Churchill, S. E. **Fundamentals of space life sciences**. Malabar: Krieger publishing company, 1997. p. 83-103.
- CERVINKA, T.; SIEVÄNEN, H.; HYTTINEN, J.; RITTWEGGER, J. Bone loss patterns in cortical, subcortical, and trabecular compartments during simulated microgravity. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 117, n. 1, 2014. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00021.2014>. Acessado em: 05 jul 2017. doi:10.1152/jappphysiol.00021.2014.
- CLEMENT, G. Muscle-skeletal system in space. In: _____. **Fundamentals of space medicine**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 173- 204.
- EVETTS, S. N., *et al.* Post space mission lumbo-pelvic neuromuscular reconditioning: a European perspective. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Nova Iorque, v. 85, n. 7, 2014. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2014/00000085/00000007/art00014>. Acessado em: 07 ago 2016.
- GARCIA, H. D.; HAYS, S. M.; TSUJI, J. S. Modeling of blood lead levels in astronauts exposed to lead from microgravity-accelerated bone loss. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**. Nova Iorque, v. 84, n. 12, 2013.
- HARGENS, A. R.; VICO, L. Long-duration bed rest as an analog to microgravity. **Journal of applied physiology**, v. 120, n. 8, p. 891-903, 2016.
- LANG, T. F. *et al.* Cortical and trabecular bone mineral loss from the spine and hip in long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 19, 2006a.
- LANG, T. F. *et al.* Adaptation of the proximal femur to skeletal reloading after long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 21, 2006b.
- QUIRINO, D; PEDRO, L. A influência da microgravidade na musculatura esquelética: alterações musculares e intervenção terapêutica. **Saúde & Tecnologia**, v. 4, n. 8, 2012.
- KAWASHIMA, S. *et al.* Human adductor muscles atrophy after short duration of unweighting. **European journal of applied physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 602-605, 2004.
- KRAINSKI, F. *et al.* The effect of rowing ergometry and resistive exercise on skeletal muscle structure and function during bed rest. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 116, n. 12, 2013. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00803.2013>. Acessado em: 20 abr 2017. doi: 10.1152/jappphysiol.00803.2013.

- LEBLANC, A. *et al.* Bone mineral and lean tissue loss after long duration space flight. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, Attiki, v. 1, 2000.
- NAGARAJA, M. P.; JO., H. The Role of Mechanical Stimulation in Recovery of Bone Loss-High versus Low Magnitude and Frequency of Force. **Life, Basiléia**, v. 4, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25370188>. Acessado em: 27 mai 2016, doi: 10.3390/life4020117.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/163.html. Acesso em: ago. 2018.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1001.html. Acesso em: ago. 2018.
- PREMAOR, M. O.; FURLANETTO, T. W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, ABE&M**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 25-37, 2006.
- QUÍMICA Fisiológica, 2017. Disponível em: <http://quimicafisiologicaufrj.blogspot.com/2017/07/metabolismo-do-calcio-e-fosfato.html>. Acesso em: ago. 2018.
- RILEY, D. A. *et al.* Skeletal muscle fiber, nerve, and blood vessel breakdown in space-flown rats. **The FASEB Journal, Rockville**, v. 4:, n. 1, 1990, doi: doi.org/10.1096/fasebj.4.1.2153085.
- SHIBA, N. *et al.* Electrically Stimulated Antagonist Muscle Contraction Increased Muscle Mass and Bone Mineral Density of One Astronaut - Initial Verification on the International Space Station. **PLoS One**, San Francisco, v. 10, n. 8, 2015. 21 ago. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0134736>. Acessado em 09 fev 2017. doi:10.1371/journal.pone.0134736.
- SIBONGA J. D. *et al.* **Evaluating Bone Loss in ISS Astronauts. Aerospace Medicine and Human Performance**, Alexandria, v. 86, n. 12, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26630194>. Acessado em: 14 jun 2016, doi: 10.3357/AMHP.EC06.2015.
- SHACKELFORD, L. C. Musculoskeletal response to space flight. In: BARRATT M. R., POOL, S. L. **Principles of clinical medicine for space flight**. New York: Springer Science and Business Media, 2008. p. 293-306.
- SMITH, S. M. *et al.* Bone metabolism and renal stone risk during International Space Station missions. **Bone**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26456109>. Acessado em: 27 ago 2016, doi: 10.1016/j.bone.2015.10.002.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA. **Vitamina D: novos valores de referência**. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: 31 jul 2018.
- TEIXEIRA, R. C. M. Atmosfera e espaço. In: TEMPORAL, W. **Medicina aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes, 2005. cap. 3, p. 75-76.
- UDDIN, S. M., QIN, Y. X. Enhancement of osteogenic differentiation and proliferation in human mesenchymal stem cells by a modified low intensity ultrasound stimulation under simulated microgravity. **PLoS One**. San Francisco, v. 8, n. 9, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073914>. Acessado em: 04 set 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0073914.
- VICO, L. *et al.* Cortical and Trabecular Bone Microstructure Did Not Recover at Weight-Bearing Skeletal Sites and Progressively Deteriorated at Non-Weight-Bearing Sites During the Year Following International Space Station Missions. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 30, n. 10, 2017. Disponível em: <https://asbmr.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jbmr.3188>. Acessado em: 09 out 2018, doi: 10.1002/jbmr.3188.
- VITAMINA D: novos valores de referência. **Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia**, 2017. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: jul. 2018.
- WILLIAMS, D. *et al.* Acclimation during space flight: effects on human physiology. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, n. 13, p. 1317-23, jun. 2009.
- ZHANG, X.; WANG, P.; WANG, Y. Radiation activated CHK1/MEPE pathway may contribute to microgravity-induced bone density loss. **Life Sciences in Space Research**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26553637>. Acessado em: 08 ago 2016. doi: 10.1016/j.lssr.2015.08.004.

Cambios musculoesqueléticos en el entorno de microgravedad

Musculoskeletal changes in a microgravity environment

Alterações musculoesqueléticas em ambiente de microgravidade

Leandro Emílio Nascimento Santos^I

Robinson Esteves Pires^{II}

Cláudia Sousa Antunes^{III}

Ricardo Gakiya Kanashiro^{IV}

RESUMEN

El astronauta es un individuo que trabaja en un ambiente hostil de microgravedad. Ese ambiente anormal altera la fisiología humana en prácticamente todos los sistemas orgánicos. El sistema musculoesquelético tiene repercusiones clínicas que pueden extenderse incluso después de la misión espacial. Conocer los cambios del sistema osteomuscular para actuar antes, durante y después del vuelo espacial es fundamental, porque la hipotrofia ósea puede permanecer años después del regreso a la Tierra. La intervención médica tiene por objeto reducir los riesgos de los problemas de salud relacionados con el sistema musculoesquelético. El objetivo de este estudio es realizar una revisión bibliográfica para identificar los cambios musculoesqueléticos en el entorno de microgravedad y describir las medidas de prevención y tratamiento durante y después de los viajes aeroespaciales.

Palabras clave: Astronautas. Microgravedad. Sistema musculoesquelético. Vuelo espacial.

ABSTRACT

The astronaut is an individual working in a hostile environment of microgravity. This abnormal environment alters human physiology in virtually all organic systems. The musculoskeletal system has clinical repercussions that may extend even after the space mission. Knowing the changes in the musculoskeletal system to act before, during

and after spaceflight is essential, as bone hypotrophy can remain years after returning to Earth. Medical intervention aims to reduce the risks of health problems related to the musculoskeletal system. The aim of this study is to conduct a literature review to identify musculoskeletal alterations in the microgravity environment and describe prevention and treatment measures during and after aerospace travel.

Keywords: Astronauts. Microgravity. Musculoskeletal system. Space flight.

RESUMO

O astronauta é um indivíduo que trabalha em um ambiente hostil de microgravidade. Esse ambiente anormal altera a fisiologia humana em praticamente todos os sistemas orgânicos. O sistema musculoesquelético apresenta repercussões clínicas que podem estender-se mesmo após a missão espacial. Conhecer as alterações do sistema osteomuscular para atuar antes, durante e depois do voo espacial é fundamental, pois a hipotrofia óssea pode permanecer anos após o retorno à Terra. A intervenção médica visa reduzir os riscos de agravos à saúde relacionados ao sistema musculoesquelético. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão bibliográfica para identificar as alterações musculoesqueléticas no ambiente de microgravidade e descrever medidas de prevenção e tratamento durante e após viagem aeroespacial.

Palavras-chave: Astronautas. Microgravidade. Sistema musculoesquelético. Voo espacial.

I. Escuadrón de Salud de Lagoa Santa – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brasil. Estudiante de doctorado en Ciencias Aplicadas a la Cirugía y a la Oftalmología por la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG). Email: leandroens@hotmail.com

II. Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) – Hospital Felício Rocho – Belo Horizonte/MG – Brasil. Doctor en Cirugía y Oftalmología por la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG). Email: robinsonestevpires@gmail.com

III. Universidad de la Fuerza Aérea (UNIFA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Doctora en Letras por la Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ). Email: claudia.sousa@yahoo.com.br

IV. Dirección de Salud de la Aeronáutica (DIRSA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Máster en Ciencias Aeroespaciales por la Universidad de la Fuerza Aérea (UNIFA). Email: ricarkan@uol.com.br

Recibido: 12/04/19

Aceptado: 13/05/19

Las siglas y abreviaturas contenidas en el artículo corresponden a las del texto original en lengua portuguesa.

1 INTRODUCCIÓN

Hay dos formas conocidas de simular el entorno de microgravedad en la Tierra. La primera es por medio de una enorme aeronave, conocida como “Cometa Vómito” que realiza una trayectoria en parábola. El avión, como una montaña rusa, sube a aproximadamente 32.000 pies. Durante el ascenso, todo en el avión parece 1.8 veces más pesado que la gravedad de la Tierra. Al llegar a la parte superior, los ocupantes flotan momentáneamente durante unos 25-30 segundos hasta que la aeronave se vuelva paralela a la superficie de la Tierra. Después que la aeronave baja, la gravedad aumenta gradualmente hasta acercarse a 1,8 G, llegando a la misma altitud a la que comenzó el arco parabólico – cerca de 24.000 pies. Cada arco parabólico dura 65 segundos y, en un período de entrenamiento de 2-3 horas, la aeronave realiza 31 parábolas por vuelo, momento en el que los astronautas prueban su equipo, practican actividades como comer, beber y realizan maniobras de movimiento en el entorno de microgravedad. Estos vuelos producen náuseas y vómitos en algunos pasajeros, lo que justifica el apodo dado al avión como “Cometa Vómito”.

La segunda forma de simular la microgravedad es con la construcción de satélites bajo el agua. Los astronautas se visten con trajes espaciales para tener flotabilidad en el buceo, como si estuvieran flotando en el espacio. Se puede usar para entrenar a los astronautas sobre cómo trabajar en el espacio. No es perfecto, porque en el agua hay más resistencia que en el espacio y la gente todavía tiene la gravedad dentro de los trajes, por lo que están trabajando con más dificultad que en el espacio.

Otra forma de simular los efectos de la microgravedad en los sistemas musculoesquelético y cardiovascular es el reposo en la cama con una inclinación al revés (*Head-Down Tilt - HDT*) de 6 grados al menos durante 30 días. Esta inclinación al revés fue sugerida por investigadores rusos en un intento de compensar el cambio de fluido de los miembros inferiores a la región cefálica que ocurre en el espacio. El reposo en cama HDT con voluntarios normales es el análogo más común para la simulación de microgravedad y para probar las contramedidas para la pérdida ósea, atrofia muscular y cardíaca, intolerancia ortostática y reducción de la fuerza muscular y la capacidad de ejercitar. (HARGENS, 2016).

La NASA crea un entorno de microgravedad no solo con el propósito de ayudar y entrenar a los astronautas sino que prueba también muchos procesos físicos y experimentos.

En el entorno de la microgravedad, el peso de los órganos del cuerpo humano disminuye y el sistema osteomuscular desarrolla cambios cualitativos y cuantitativos. La magnitud del acometimiento

osteomuscular depende de la duración del viaje espacial (TEIXEIRA, 2005).

Los músculos responsables de la postura erguida durante la ortostática son los más afectados por la microgravedad. Estos músculos, conocidos como antigravitacionales, se atrofian e incluso pueden presentar alteraciones histológicas, como la sustitución de fibras de tipo I, lentas, por fibras de tipo II, de contracción rápida (TEIXEIRA, 2005).

El metabolismo óseo en el espacio es alterado y el astronauta puede desarrollar osteopenia u osteoporosis. La reducción de la masa ósea es más prominente en la región pélvica y en los miembros inferiores (TEIXEIRA, 2005).

Es necesario que los astronautas tengan una dieta rica en calcio, vitamina D y proteínas, así como hacer ejercicios aeróbicos de impacto y anaeróbicos para amenizar la reducción de la masa ósea, al mismo tiempo que tratan de mantener el trefismo muscular.

Conocer los cambios del sistema osteomuscular relacionados con el vuelo espacial es fundamental. La intervención médica tiene por objeto reducir los riesgos agravios a la salud relacionados con el sistema musculoesquelético, así como evitar comprometer la seguridad y los objetivos de las misiones aeroespaciales.

El objetivo de este estudio es realizar una revisión bibliográfica para identificar los cambios musculoesqueléticos relacionados con el entorno de microgravedad, además de describir las medidas de prevención y tratamiento durante el viaje aeroespacial y después de su regreso.

2 MÉTODO

Las investigaciones en las bases de datos LILACS y PUBMED se llevaron a cabo con los siguientes descriptores en 2012: astronautas, atrofia muscular, medicina aeroespacial, microgravedad, osteoporosis, simulación en microgravedad y vuelo espacial. De un total de 12619 artículos, sólo 15 fueron seleccionados por estar relacionados con los cambios musculoesqueléticos en humanos en el entorno de microgravedad.

Se realizó una nueva investigación en la base de datos PUBMED del 08/06/2018 al 08/08/2018, con los mismos descriptores, considerando los estudios en humanos, en los últimos cinco años, en español, inglés y portugués, se seleccionaron 17 artículos científicos más porque cumplen con los criterios de selección estrictamente relacionados con los cambios musculares y óseos en el entorno de microgravedad.

Los dos momentos de la investigación corresponden al año de la realización de la monografía del Curso de Medicina Aeroespacial en el IMAE (UNIFA), en

2012, y el año de la segunda colección de datos para la actualización bibliográfica, en 2018.

3 DISCUSIÓN

Los músculos pierden masa, fuerza y rigidez de los tendones durante el vuelo espacial. Los más afectados son los músculos posturales que mantienen el cuerpo humano en ortostatismo en un ambiente gravitacional. A partir de siete días de vuelo espacial, se detectan cambios estructurales en los músculos y en los tendones (RILEY, 1990). Después de dos semanas en el ambiente de microgravedad, la masa muscular disminuye hasta un 20% (CLEMENT, 2003). En misiones más largas - de tres a seis meses - puede ocurrir una pérdida del 30% del volumen de la masa muscular (SHACKELFORD, 2008).

La causa fundamental de esta atrofia muscular es la ausencia de carga gravitacional en los huesos y músculos durante el vuelo espacial. Los músculos sin carga presentan cambios bioquímicos y estructurales con reducción de la longitud de los sarcómeros y reducción de su posición óptima de trabajo. Factores adicionales como la malnutrición y el estrés físico y psicológico durante el viaje aeroespacial pueden contribuir al aumento de la pérdida de músculo (BUCKEY, 2006b). La atrofia muscular no se produce por la cantidad de la fibra muscular sino por la reducción de su tamaño. Hay dos tipos de fibras musculares: el tipo I, antigravitacional, postural o de contracción lenta, que tienen resistencia a la fatiga muscular, presentan una gran cantidad de mitocondrias y mioglobinas, y están ricamente vascularizadas (BUCKEY, 2006b). Las fibras musculares de tipo I son muy sensibles a la inactividad, la inmovilización y la ausencia de gravedad. Las fibras musculares de tipo II o de contracción rápida son fáciles de fatigar y tienen menos mitocondrias y mioglobina (BUCKEY, 2006b). Estas parecen sufrir mayores pérdidas que las fibras de tipo I. Las biopsias de los músculos después del desembarque también indican un cambio fenotípico de las fibras de tipo I a las de tipo II, proporcionando una contracción más rápida, pero con mayor fatiga (BUCKEY, 2006b; CLEMEND, 2003).

La disminución del volumen muscular viene con una menor fuerza muscular, aunque no es proporcional a esta reducción. Los músculos que tienen un índice de mayor atrofia muscular son: el cuádriceps, los aductores de la cadera, el tríceps sural (principalmente el músculo solear) y el músculo paravertebral lumbar, con especial énfasis en los músculos multifidos (KAWASHIMA et al., 2004). Los cambios en la lordosis y el rango de movimiento (ADM) asociados con la atrofia muscular

El multifidus se producen en la mayoría de los astronautas. Sin embargo, sólo aquellos con graves

irregularidades en la placa terminal presentaban síntomas lumbares post-vuelo: lumbalgia crónica o hernia de disco. La insuficiencia de la placa vertebral antes del vuelo puede aumentar el riesgo de lesión de los astronautas al volver a la carga gravitacional (BAILEY, 2017).

El reposo en cama, un análogo del vuelo espacial en tierra, induce una robusta atrofia del músculo esquelético y se exacerba con el aumento de la edad. Y ya es evidente después de 14 días de descanso en cama (ARENTSON-LANTZ, 2016).

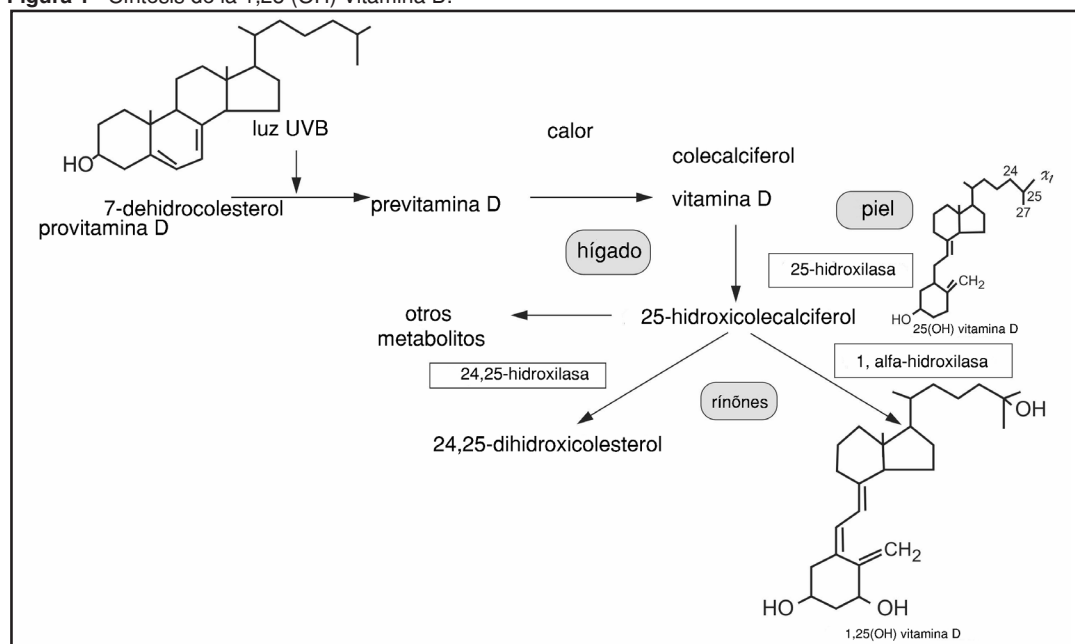
La reducción de la rigidez de los tendones se debe a los cambios en la alineación y la longitud de las fibras de colágeno debido a la ausencia de gravedad.

El regreso a la Tierra puede desencadenar lumbalgia, dolor en la pantorrilla y en el muslo y, en algunos casos, fascitis plantar (CLEMEND, 2003; SHACKELFORD, 2008). Al regresar de la estación espacial, el astronauta debe someterse a un programa de rehabilitación y acondicionamiento muscular para recuperar la masa y la fuerza muscular, lo que suele ocurrir entre uno y dos meses (SHACKELFORD, 2008).

El desequilibrio muscular causado por la hipertrofia del flexor y la atrofia de la musculatura extensora y de la columna lumbar pélvica aumenta el riesgo de lesiones posteriores a la misión espacial. Un método que se utiliza actualmente en los vuelos espaciales tripulados en Europa para ayudar a la recuperación posterior a la misión se centra en la enseñanza de la contracción voluntaria de determinados músculos pélvicos lumbares y el posicionamiento de la columna vertebral, progresando al entrenamiento funcional con carga. Un enfoque alternativo sería usar un dispositivo de ejercicio funcional de readaptación para reclutar adecuadamente los músculos (EVETTTS, 2014).

Una medida que aborda tanto la preservación de los músculos musculoesqueléticos como de los cardiovasculares es el ejercicio de remo de alta intensidad y de corta duración seguido de ejercicios de fuerza de resistencia complementarios. El entrenamiento de remo preservó eficazmente la función y la estructura del músculo esquelético, evitando parcialmente la atrofia en los principales músculos antigravedad (KRAINSKI, 2013).

La microgravedad disminuye la densidad mineral ósea. La formación del hueso depende del grado de carga sobre el hueso. Por lo tanto, la disminución de la carga sobre el hueso dificulta e incluso inhibe su formación (BUCKEY, 2006a; CANN, 1997; SHACKELFORD, 2008). Otros factores contribuyen a la pérdida ósea, como la baja luz solar, que disminuye la formación de vitamina D, y el ambiente con alta concentración de CO₂, que lleva a acidosis respiratoria (BUCKLEY, 2006a).

Figura 1 - Síntesis de la 1,25 (OH) Vitamina D.

Fuente: PREMAOR; FURLANETTO, 2006. El 7-dehidrocolesterol, a través de la acción de la luz ultravioleta y del calor, se isomeriza en colecalciferol en la piel. Luego se transporta al hígado, donde sufre la acción de la 25-hidroxilasa, convirtiéndose en 25-hidroxicolecalciferol. Cuando esta molécula llega al riñón, puede convertirse en la forma activa forma inactiva de esta hormona, a través de la acción de la 1, alfa, hidroxilasa o 24,25 hidroxilasa, respectivamente.

El entorno de microgravedad altera la homeostasis del calcio debido a la mala alimentación de este ion, la ausencia de luz solar, la alta concentración de CO₂ y la ausencia de carga en el hueso. La disminución del calcio sérico aumenta la secreción de la parathormona (PTH), lo que provoca un aumento de la producción de 1,25-dihidroxivitamina D, una mayor absorción intestinal de calcio y fosfato, estimula la reabsorción renal de calcio, inhibe la reabsorción renal de fosfato, además de aumentar la reabsorción ósea (Figura 2).

La desmineralización de los huesos comienza tan pronto como se llega al espacio y puede continuar durante toda la misión. En los primeros días, se observa un aumento del 60 al 70% del calcio urinario y fecal (BUCKEY, 2006a; CLEMENT, 2003).

La pérdida de densidad ósea durante el reposo en cama es del 1 al 2% por mes en los huesos de carga como las vértebras lumbares, la pelvis, el cuello femoral, la región trocantérica, la tibia y el calcáneo (BUCKEY, 2006a; CANCEDDA, 2001; CLEMENT, 2004; LANG et al, 2006a; LEBLANC et al, 2002). En estas regiones, la pérdida de densidad mineral ósea después de 6 meses en la estación espacial es del 8 al 12% (SHACKELFORD, 2008).

La mayor pérdida ósea media absoluta por desuso se produce en el compartimento cortical, aparentemente solo durante los primeros 60 días. Después de ese período, la pérdida trabecular puede volverse más prominente (CERVINKA, 2014).

La densitometría ósea y la tomografía computarizada son pruebas útiles para monitorear la pérdida ósea y

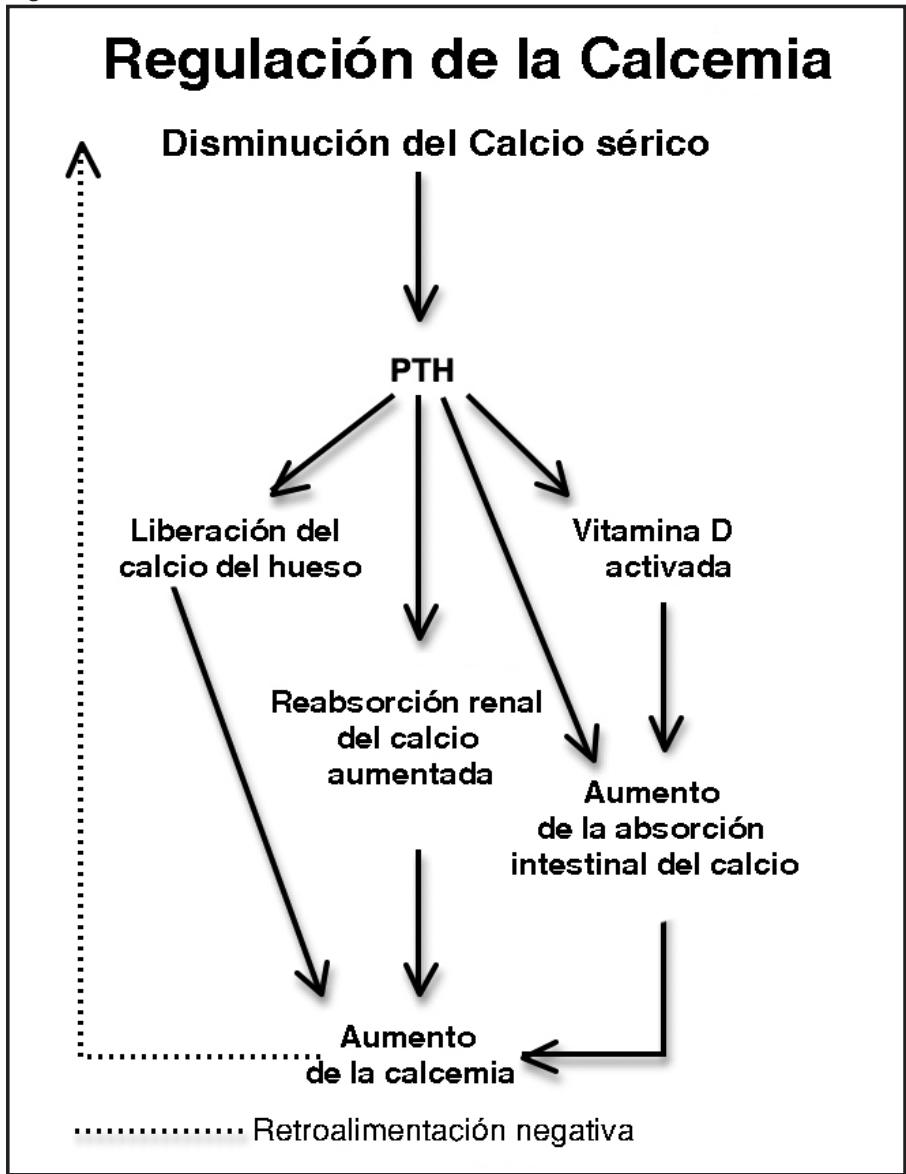
también para probar la efectividad de los ejercicios de resistencia y la efectividad de la terapia con bisfosfonatos en astronautas que han regresado de viajes espaciales (WILLIAMS et al, 2009).

La medición de la densidad mineral ósea (DMO) por absorciometría de rayos-X de doble energía (DXA: Dual-energy X-ray Absorptiometry) es utilizada en la NASA Johnson Space Center. Los exámenes de DXA de la DMO de la tripulación mostraron disminuciones acentuadas en la DMO para la cadera y la columna después de típicas misiones espaciales de seis meses (SIBONGA, 2015).

Los hallazgos de laboratorio del astronauta que regresa a la Tierra se caracterizan por un aumento de los marcadores de resorción ósea, marcadores de formación ósea sin cambios, disminución de la síntesis de vitamina D, disminución de la absorción del calcio intestinal y el aumento del calcio sérico. (LEBLANC et al. 2000). Las tablas 1, 2 y 3 caracterizan los criterios de deficiencia de vitamina D, los factores de riesgo de hipovitaminosis D y los valores de referencia para el calcio sérico en adultos, respectivamente.

El Departamento de Metabolismo Óseo y Mineral de la Sociedad Brasileña de Endocrinología y Metabología (SBEM) estaba discutiendo los valores de normalidad de la 25-OH-vitamina D hace algún tiempo. El valor normal propuesto por la Endocrine Society y por la SBEM, antes por encima de 30 ng/mL, se cambió en 2017, siendo en que mayor de que 20 ng/mL es el deseable para una población general sana y se recomienda entre 30 y 60 ng/mL para grupos de riesgo.

Figura 2 - Homeostasis del calcio.



Fuente: El autor. Metabolismo del calcio y fósforo. El PTH activa la vitamina D, aumenta la absorción intestinal de calcio, inhibe la eliminación renal de calcio, aumenta la eliminación renal de fósforo y aumenta la reabsorción ósea. Cuando el calcio sérico está aumentado, inhibe la liberación del PTH: retroalimentación negativa.

Tabla 1 - Nuevos criterios diagnósticos propuestos por la SBEM en 2017 para la deficiencia de vitamina D.

Dosis de 25-hidroxivitamina D (ng/mL)	
10 a 20 ng/mL	considerado bajo: con riesgo de aumentar la remodelación ósea y, por tanto, pérdida de masa ósea, además del riesgo de osteoporosis y fracturas
> 20 ng/mL	deseable para la población general sana
30 a 60 ng/mL	recomendado para grupos de riesgo como ancianos, mujeres embarazadas, pacientes con osteomalacia, raquitismo, osteoporosis, hiperparatiroidismo secundario, enfermedades inflamatorias, enfermedades autoinmunes y renal crónica y prebariátricos

Fuente: Departamento de Metabolismo Óseo y Mineral de SBEM.

Tabela 2 - Risk factors for hypovitaminosis D.

Poca exposición a la luz UVB	Disminución de la síntesis de vitamina D por la piel	Enfermedades que alteran el metabolismo de la vitamina D
Uso excesivo de ropa		Fibrosis quística
Países con poca luz (alta latitud)	Raza amarilla	Inmovilización para el tratamiento de fracturas óseas
Baja penetración de la luz UVB durante el invierno en la atmósfera	Envejecimiento	Insuficiencia cardíaca
Utilização de protectores solares		Enfermedades renales
El confinamiento en lugares donde no hay una exposición a la luz UVB		Enfermedades hematológicas
		Enfermedades del tracto gastrointestinal

Fuente: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

Tabla 3 - Valores de referencia del calcio sérico en adultos (PREMAOR; FURLANETTO, 2006).

Calcio total	8.8 a 11.0 mg/dL
Calcio iónico	4.60 a 5.40 mg/dL

Fuente: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

La tabla 4 muestra los marcadores bioquímicos del metabolismo óseo.

Tabla 4 - Marcadores bioquímicos del metabolismo óseo.

Formación	Reabsorción
	Hidroxiprolina (orina)
	Interconectores de colágeno-cross-links (orina y suero)
	Piridinolinas totales
Fosfatasa alcalina ósea y/o total (suero)	Piridinolina y/o deoxipiridinolina libre
Osteocalcina (suero)	N-telopeptido (NTX)
Propeptidos de colágeno tipo 1 (suero)	C-telopeptido (CTX)
	Fosfatasa ácida tartrato resistente (suero)

Fuente: PREMAOR; FURLANETTO, 2006.

La pérdida ósea acelerada en un entorno de microgravedad hace que el plomo se libere de los huesos donde estaban almacenados. Tal hecho aumentaría el riesgo de saturnismo, lo que genera preocupación sobre la concentración aceptable de plomo en el agua potable de los vehículos espaciales. Sin embargo, según Garcia (2013), la mayoría de los astronautas en misiones espaciales largas no se verán afectados por la liberación de plomo de los huesos a la sangre. Un pequeño porcentaje de astronautas con una alta concentración de plomo en los huesos podría haber aumentado la plumbemia, dependiendo de la tasa individual de pérdida ósea (GARCIA, 2013).

Debido a la fragilidad de los huesos, los astronautas que acaban de regresar de un viaje espacial deben mantenerse alejados de las actividades de impacto y de volar en aviones de alto rendimiento (CLEMENT, 2003; LANG et al. 2006).

Sin embargo, esta pérdida ósea puede persistir durante más tiempo. El tiempo de recuperación de la masa ósea es mayor que el tiempo pasado en el espacio. La recuperación de la densidad ósea puede tardar hasta tres años después de la finalización del viaje espacial y es posible que no vuelva a los niveles previos al viaje (CLEMENT, 2003). La recomposición de la masa ósea puede formar un trabeculado y una mineralización ósea diferente diferentes de la arquitectura ósea antes del vuelo (LANG et al. 2006).

En la tibia, además de la disminución de la densidad mineral ósea en los compartimentos cortical y trabecular, se observó una disminución del 4% del grosor cortical y un aumento del 15% de la porosidad cortical en el aterrizaje. El tamaño y la densidad cortical se recuperaron posteriormente y los cambios séricos en la periostina [marcador de la actividad osteocítica o del metabolismo perióstico, junto con la esclerostina] se asociaron con la recuperación cortical durante un año después del desembarque. Sin embargo, la porosidad cortical de la tibia o del hueso trabecular no se ha recuperado, lo que da como resultado una fuerza reducida. La radio, conservada en el aterrizaje, desarrolló inesperadamente una fragilidad posterior al vuelo, a partir de los 3 meses posteriores al aterrizaje, particularmente en su estructura cortical. Los marcadores de remodelación, desacoplados a favor de la reabsorción ósea en el aterrizaje, volvieron a sus valores anteriores en 6 meses, luego disminuyeron a valores por debajo de los valores previos al vuelo. Nuestros hallazgos destacan la necesidad de medidas de protección específicas, no solo durante, sino también después de los vuelos espaciales, debido a la continua incertidumbre sobre la recuperación del esqueleto, mucho después del aterrizaje (VICO, 2017, p. 2).

Se cree que la radiación de alta transferencia de energía lineal (LET: *Linear Energy Transfer*) en el espacio exacerba

la pérdida de densidad ósea inducida por microgravedad a través de la CHK1 (*Checkpoint Kinase1*)/MEPE (*Matrix Extracellular Phosphoglycoprotein*) activado por radiación que exagera los efectos de la microgravedad en la pérdida de densidad mineral ósea en los astronautas (ZHANG, 2015).

Existe una preocupación por esta fragilidad ósea debido a la posibilidad de osteoporosis temprana y fractura en los astronautas (CLEMENT, 2003). La fractura puede ocurrir durante actividades espaciales extenuantes -caminatas - o principalmente después de regresar a la Tierra (SHACKELFORD, 2006).

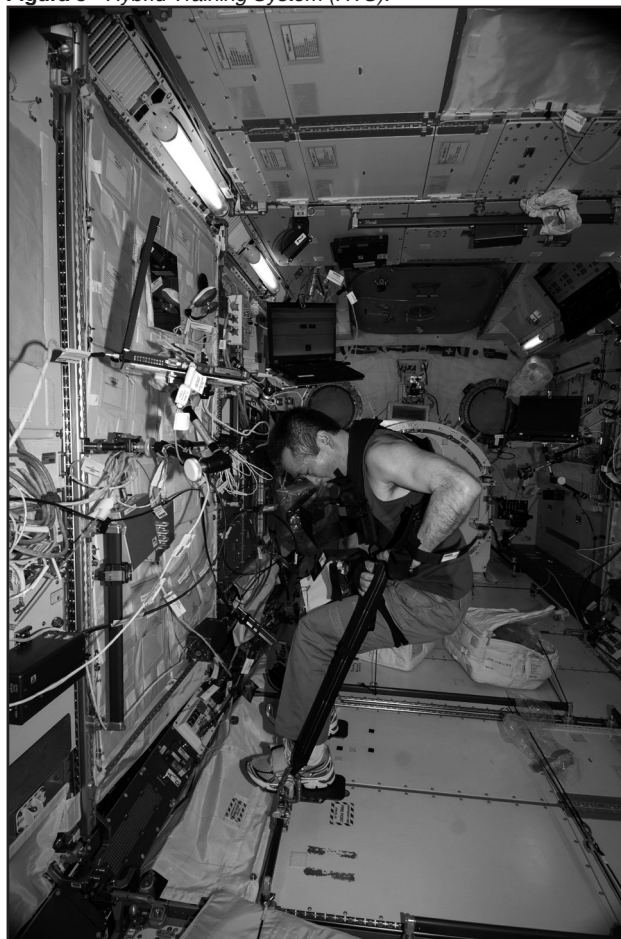
La falta de signos mecánicos por desuso puede inhibir la osteogénesis e inducir la adipogénesis de las células madre mesenquimales. Por tanto, la osteoporosis también puede ser causada por el número reducido de osteoblastos. La estimulación mecánica adecuada para la osteogénesis, particularmente en condiciones de microgravedad, puede restaurar la diferenciación osteogénica normal utilizando ultrasonido pulsátil de baja intensidad (LIPUS: *Low Intensity Pulsed Ultrasound*) por estimulación diaria de corta duración (UDDIN, 2013).

La tiroides controla los sistemas cardiovascular, musculoesquelético, nervioso e inmunológico y afecta el comportamiento y las funciones cognitivas. Se sabe que la microgravedad puede inducir cambios funcionales en la glándula tiroides (ALBI, 2017) con el consecuente deterioro de los sistemas antes mencionados.

Dado que la recuperación de la masa ósea perdida después del vuelo espacial es larga, es importante actuar para prevenir la pérdida ósea antes y durante el vuelo. Por tanto, existen medidas para evitar el catabolismo osteomuscular de los astronautas en el entorno de microgravedad. Tales medidas consisten en:

- selección adecuada de astronautas, excluyendo aquellos con baja masa ósea o tratándolos antes del vuelo (BUCKEY et al. 2006).
- dieta equilibrada, con baja concentración de sal (el exceso puede contribuir o facilitar la pérdida ósea), pero con una alta concentración de calcio y rica en proteínas (BUCKEY et al. 2006).
- programa de ejercicios de resistencia de alta intensidad con pocas repeticiones y en poco tiempo (BUCKEY et al. 2006). Sin embargo, también se ha demostrado que una carga mecánica de baja magnitud y alta frecuencia, experimentada en la actividad de control postural, es anabólica para el hueso y puede mitigar la pérdida ósea experimentada por los astronautas (NAGARAJA, 2014). También hay un Sistema de Entrenamiento Híbrido (HTS: Hybrid Training System) para mantener el trefismo muscular y evitar la atrofia del sistema musculoesquelético de un astronauta (SHIBA, 2015).

Figura 3 - Hybrid Training System (HTS).



Fuente: NASA.

- entrenamiento aeróbico para el acondicionamiento cardiorrespiratorio antes y durante los viajes espaciales (QUIRINO et al. 2012). Hay algunos obstáculos a superar para que el astronauta pueda pisar en la estera. En primer lugar, deben engancharse, para no flotar. Para que el astronauta corra en el espacio, es necesario sujetarlo en la estera para que una armadura (cinturón) pase sobre sus hombros y alrededor de la pelvis, sujetándolo a ellos. Dos arneses laterales conectan la armadura a la estera y esta conexión puede ser ajustada de acuerdo con la carga que el astronauta quiera. Más carga significa que el arnés tira más de la persona hacia la estera: es como tratar de correr con una mochila más pesada. Los astronautas necesitan ajustar su velocidad y la carga correcta para que la carrera no sea incómoda. La estera tiene un sistema de aislamiento de vibraciones para que el corredor no transmita la carga a la estructura de la estación espacial.

- ejercicios físicos como: abducción y aducción de la cadera, ejercicios de extensión del tronco, acuclillarse y flexión plantar del tobillo utilizando una máquina conocida como Dispositivo Avanzado de Ejercicio Resistivo (ARED: *Advanced Resistive Exercise Device*), donde se utilizan cilindros de vacío accionados por pistón de resistencia ajustable para proporcionar carga a los astronautas y mantener la fuerza y la masa muscular durante largos períodos en el espacio.
- el uso de suplementos y medicamentos como el calcio, la vitamina D y los bifosfonatos (BUCKEY et al, 2006).
- control del calcio urinario y sérico, así como de los marcadores de resorción y formación ósea (BUCKEY et al. 2006). La reabsorción ósea causada por las misiones espaciales aumenta el calcio sérico y urinario y el riesgo de nefrolitiasis. La forma más fácil de prevenir el riesgo de cálculos renales es aumentar el consumo de agua (SMITH, 2015).
- exposición intermitente de la tripulación a un ambiente gravitatorio durante el vuelo espacial: la centrifugación es una forma plausible de generar gravedad artificial. En el espacio, es posible crear “gravedad artificial” rotando la estación espacial. Se crea un sistema rotativo que produce el mismo efecto que la gravedad, ya que produce una fuerza (fuerza centrífuga), que actúa para tirar los habitantes hacia fuera. Este proceso puede ser usado para simular la gravedad. Ajustando ciertos parámetros de una estación espacial, como el radio y el índice de rotación, se puede crear una fuerza en las paredes exteriores que iguale igualaría a la fuerza de la gravedad. Así, las paredes exteriores de la estación espacial serían el suelo en la estación espacial. La “fuerza” centrífuga empuja los objetos hacia fuera, pero la fuerza de la estación espacial proporciona una “fuerza centrípeta” opuesta que empuja hacia dentro. Esto sería similar a caminar sobre la superficie de un planeta (si la estación espacial está girando a la velocidad correcta). Sin embargo, las grandes fuerzas de Coriolis también estarían presentes, y los objetos caerían en curvas en lugar de líneas rectas (ANDERSON, 2015).

Figura 4 - *Advanced Resistive Exercise Device (ARED)*.



Fuente: NASA.

4 CONCLUSIÓN

La exposición al entorno de microgravedad espacial descondiciona al astronauta, causando una atrofia del sistema musculoesquelético con disminución de volumen y de la fuerza muscular y pérdida de masa ósea. Estas adaptaciones fisiológicas ocurren poco después de su llegada al ambiente de microgravedad. Estos cambios tienen un potencial perjudicial para el sistema musculoesquelético del astronauta, con un mayor riesgo de fractura al regresar a la Tierra, y el potencial de perjudicar la eficacia de la misión en el espacio. La intervención terapéutica antes, durante y después de los viajes aeroespaciales, mediante una dieta equilibrada y un programa de ejercicios definido, debe ser implementada para evitar el deterioro osteomuscular del astronauta.

REFERENCIAS

- ALBI, E. *et al.* Impact of Gravity on Thyroid Cells. **International Journal of Molecular Sciences**, Basileia, v. 18, n. 5, 2017. Disponível em: https://www.wizdom.ai/publication/10.3390/IJMS18050972/title/impact_of_gravity_on_thyroid_cells. Acessado em: 12 mar 2019, doi: 10.3390/ijms18050972.
- ANDERSON, R. **Can artificial gravity be created in space?** 2015. Disponível em: <http://curious.astro.cornell.edu/about-us/150-people-in-astronomy/space-exploration-and-astronauts/general-questions/927-can-artificial-gravity-be-created-in-space-intermediate>. Acesso em: 19 ago 2018.
- ARENTSON-LANTZ, E. J.; ENGLISH, K. L.; PADDON-JONES, D.; FRY, C. S. Fourteen days of bed rest induces a decline in satellite cell content and robust atrophy of skeletal muscle fibers in middle-aged adults. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 120, n. 8, 2016. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00799.2015>. Acessado em: 02 dez 2017, doi:10.1152/jappphysiol.00799.2015.
- BAILEY J. F. *et al.* From the international space station to the clinic: how prolonged unloading may disrupt lumbar spine stability. **The Spine Journal**. Boston, v. 18, n. 1, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28962911>. Acessado em: 05 fev 2018. doi: 10.1016/j.spinee.2017.08.261.
- BUCKEY, J. C. J. Bone loss: managing calcium and bone loss in space. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006a. cap 1, p. 3-32.
- BUCKEY, J. C. J. Muscle loss: approach to maintaining strength. In: _____. **Space physiology**. New York: Oxford University Press, 2006b. cap. 4, p. 77-100.
- CANCEDDA, R. The skeletal system. In: FITTON, B; BATTRICK, B. **A world without gravity: research in space for health and industrial processes**. Paris: European Space Agency, 2001. p. 83-92.
- CANN, C. Response of the skeletal system to spaceflight. In: Churchill, S. E. **Fundamentals of space life sciences**. Malabar: Krieger publishing company, 1997. p. 83-103.
- CERVINKA, T.; SIEVÄNEN, H.; HYTTINEN, J.; RITTWEGGER, J. Bone loss patterns in cortical, subcortical, and trabecular compartments during simulated microgravity. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 117, n. 1, 2014. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.00021.2014>. Acessado em: 05 jul 2017. doi:10.1152/jappphysiol.00021.2014.
- CLEMENT, G. Muscle-skeletal system in space. In: _____. **Fundamentals of space medicine**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 173- 204.
- EVETTS, S. N., *et al.* Post space mission lumbo-pelvic neuromuscular reconditioning: a European perspective. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Nova Iorque, v. 85, n. 7, 2014. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2014/00000085/00000007/art00014>. Acessado em: 07 ago 2016.
- GARCIA, H. D.; HAYS, S. M.; TSUJI, J. S. Modeling of blood lead levels in astronauts exposed to lead from microgravity-accelerated bone loss. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**. Nova Iorque, v. 84, n. 12, 2013.
- HARGENS, A. R.; VICO, L. Long-duration bed rest as an analog to microgravity. **Journal of applied physiology**, v. 120, n. 8, p. 891-903, 2016.
- LANG, T. F. *et al.* Cortical and trabecular bone mineral loss from the spine and hip in long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 19, 2006a.
- LANG, T. F. *et al.* Adaptation of the proximal femur to skeletal reloading after long-duration spaceflight. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 21, 2006b.
- QUIRINO, D; PEDRO, L. A influência da microgravidade na musculatura esquelética: alterações musculares e intervenção terapêutica. **Saúde & Tecnologia**, v. 4, n. 8, 2012.
- KAWASHIMA, S. *et al.* Human adductor muscles atrophy after short duration of unweighting. **European journal of applied physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 602-605, 2004.
- KRAINSKI, F. *et al.* The effect of rowing ergometry and resistive exercise on skeletal muscle structure and function during bed rest. **Journal of Applied Physiology, Rockville**, v. 116, n. 12, 2013. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.00803.2013>. Acessado em: 20 abr 2017. doi: 10.1152/jappphysiol.00803.2013.

LEBLANC, A. *et al.* Bone mineral and lean tissue loss after long duration space flight. **Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions**, Attiki, v. 1, 2000.

NAGARAJA, M. P.; JO., H. The Role of Mechanical Stimulation in Recovery of Bone Loss-High versus Low Magnitude and Frequency of Force. **Life, Basileia**, v. 4, n. 2, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25370188>. Acessado em: 27 mai 2016, doi: 10.3390/life4020117.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/163.html. Acesso em: ago. 2018.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Disponível em: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1001.html. Acesso em: ago. 2018.

PREMAOR, M. O.; FURLANETTO, T. W. Hipovitaminose D em adultos: entendendo melhor a apresentação de uma velha doença. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, ABE&M**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 25-37, 2006.

QUÍMICA Fisiológica, 2017. Disponível em: <http://quimicafisiologicaufrj.blogspot.com/2017/07/metabolismo-do-calcio-e-fosfato.html>. Acesso em: ago. 2018.

RILEY, D. A. *et al.* Skeletal muscle fiber, nerve, and blood vessel breakdown in space-flown rats. **The FASEB Journal, Rockville**, v. 4:, n. 1, 1990, doi: doi.org/10.1096/fasebj.4.1.2153085.

SHIBA, N. *et al.* Electrically Stimulated Antagonist Muscle Contraction Increased Muscle Mass and Bone Mineral Density of One Astronaut - Initial Verification on the International Space Station. **PLoS One**, San Francisco, v. 10, n. 8, 2015. 21 ago. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0134736>. Acessado em 09 fev 2017. doi:10.1371/journal.pone.0134736.

SIBONGA J. D. *et al.* **Evaluating Bone Loss in ISS Astronauts. Aerospace Medicine and Human Performance**, Alexandria, v. 86, n. 12, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26630194>. Acessado em: 14 jun 2016, doi: 10.3357/AMHP.EC06.2015.

SHACKELFORD, L. C. Musculoskeletal response to space flight. In: BARRATT M. R., POOL, S. L. **Principles of clinical medicine for space flight**. New York: Springer Science and Business Media, 2008. p. 293-306.

SMITH, S. M. *et al.* Bone metabolism and renal stone risk during International Space Station missions. **Bone**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26456109>. Acessado em: 27 ago 2016, doi: 10.1016/j.bone.2015.10.002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA. **Vitamina D: novos valores de referência**. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: 31 jul 2018.

TEIXEIRA, R. C. M. Atmosfera e espaço. In: TEMPORAL, W. **Medicina aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes, 2005. cap. 3, p. 75-76.

UDDIN, S. M., QIN, Y. X. Enhancement of osteogenic differentiation and proliferation in human mesenchymal stem cells by a modified low intensity ultrasound stimulation under simulated microgravity. **PLoS One**. San Francisco, v. 8, n. 9, 2013. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0073914>. Acessado em: 04 set 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0073914.

VICO, L. *et al.* Cortical and Trabecular Bone Microstructure Did Not Recover at Weight-Bearing Skeletal Sites and Progressively Deteriorated at Non-Weight-Bearing Sites During the Year Following International Space Station Missions. **Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research**, Washington/DC, v. 30, n. 10, 2017. Disponível em: <https://asbmr.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jbmr.3188> . Acessado em: 09 out 2018, doi: 10.1002/jbmr.3188.

VITAMINA D: novos valores de referência. **Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia**, 2017. Disponível em: <https://www.endocrino.org.br/vitamina-d-novos-valores-de-referencia/>. Acesso em: jul. 2018.

WILLIAMS, D. *et al.* Acclimation during space flight: effects on human physiology. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, n. 13, p. 1317-23, jun. 2009.

ZHANG, X.; WANG, P.; WANG, Y. Radiation activated CHK1/MEPE pathway may contribute to microgravity-induced bone density loss. **Life Sciences in Space Research**, Rockville Pike, v. 81, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26553637>. Acessado em: 08 ago 2016. doi: 10.1016/j.lssr.2015.08.004.

A aviação e a segurança de voo em um contexto evolutivo da ciência

Aviation and flight safety in an evolutionary context of science

Aviación y seguridad de vuelo en un contexto evolutivo de la ciencia

Maria Filomena Fontes Ricco^I

Madison Coelho de Almeida^{II}

RESUMO

Considerando-se a evolução da Segurança de Voo desde os primórdios, tem-se que o caminho percorrido por tal atividade, juntamente com a indústria aeronáutica, acompanhou o trilhar evolutivo da tecnologia, ao longo das décadas do século XX, principalmente. Com base em revisão da literatura que trata dos avanços da ciência, este trabalho presta-se a analisar a situação de evolução tecnológica, propiciando melhorias no que concerne à aviação. Os avanços, traduzidos na fabricação de aeronaves e no transporte de passageiros e de carga, fez também com que a abordagem dos acidentes aeronáuticos passasse a adotar uma metodologia científica. Tal abordagem científica, aliada à normalização de procedimentos, previne e torna a aviação um modal extremamente seguro. Foi realizada, neste trabalho, uma leitura dos momentos pelos quais a ciência passou, desde a Segunda Grande Guerra, bem como o caminho percorrido nessa evolução, em nível mundial, fruto dos avanços do conhecimento, na aviação e na segurança de voo.

Palavras-chave: Aviação. Ciência. Segurança de Voo. Tecnologia.

ABSTRACT

Considering the evolution of Flight Safety since the beginning, it has been that the path followed by such activity, together with the aeronautical industry, has followed the evolutionary path of technology, throughout the decades of the 20th century, mainly. Based on a review of the literature that deals with the advances in science, this work lends itself to analyzing the situation of technological evolution, providing

improvements regarding aviation. The advances, translated in the manufacture of aircraft and in the transport of passengers and cargo, also made the approach to aeronautical accidents in order to adopt a scientific methodology. Such a scientific approach, allied with normalization of procedures, prevents and makes aviation an extremely safe mode. In this work, a reading of the moments that science went through, since the Second World War, was carried out, as well as the path followed in this evolution, on a global level, as a result of advances in knowledge, in aviation and in flight safety.

Keywords: Aviation. Science. Flight safety. Technology.

RESUMEN

Teniendo en cuenta la evolución de la seguridad de vuelo desde sus orígenes, el camino seguido por dicha actividad, junto con la industria aeronáutica, ha seguido el camino evolutivo de la tecnología, a lo largo de las décadas del siglo XX, principalmente. Basado en una revisión de la literatura que trata sobre los avances en la ciencia, este trabajo se presta para analizar la situación de la evolución tecnológica, proporcionando mejoras con respecto a la aviación. Los avances, ocurridos en la fabricación de aeronaves, de transporte de pasajeros y carga, también hicieron que el enfoque de los accidentes aeronáuticos adoptara una metodología científica. Tal enfoque científico, combinado con la estandarización de procedimientos, previene y hace de la aviación un medio de transporte considerablemente seguro. En este trabajo, se llevó a cabo una lectura de los momentos por los que pasó la ciencia, desde la Segunda Guerra Mundial, así como el camino recorrido

I. Universidade da Força Aérea (UNIFA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Doutora em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail: filricco@gmail.com

II. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade da Força Aérea (UNIFA). E-mail: madisonalmeida@hotmail.com

Recebido: 20/10/2017

Aceito: 03/04/2018

en esta evolución, a nivel mundial como resultado de los avances en el conocimiento, en la aviación y en la seguridad de los vuelos.

Palabras clave: *Aviación. Ciencias. La seguridad de vuelo. Tecnología.*

1 CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS

Da Vinci destacou-se como engenheiro autodidata, matemático, físico, arquiteto, além de ter se dedicado a uma série de outras atividades de pesquisa. Traçou bases para pesquisadores que vieram, posteriormente, considerar seus cálculos, esboços e ilações para o desenvolvimento de mecanismos que aperfeiçoariam conceitos científicos, notadamente na mecânica. Como Rosa (2012, p. 399) cita, Da Vinci “estudou a anatomia das aves (ajustamento e flexão das asas, tipos de penas, movimentos da cauda) para entender sua capacidade para voar”.

Com o passar dos séculos, inventos foram sendo criados e, desde os primórdios, a ciência notabilizou-se por avançar em várias áreas do conhecimento humano, produzindo pesquisas e resultados que, como regra, beneficiaram a vida humana.

Se o cientista pesquisador, precursor de tantos outros estudos que tomariam forma no velho continente, viveu nos Apeninos do século XV, no continente sul-americano, mais precisamente no Brasil, o avanço científico seria notado cerca de quatro séculos depois, mais precisamente com a chegada de D. João VI ao Brasil, em 1808, quando houve a subsequente criação das primeiras instituições técnico-científicas nacionais, conforme Motoyama (1985): o Colégio Médico-Cirúrgico da Bahia, a Escola Médico-Cirúrgica do Rio de Janeiro, a Biblioteca Nacional, o Real Horto, a Academia de Guardas-Marinhas e o Museu Nacional.

Mais iniciativas surgiram e, passado mais um século, um marco na evolução científico-tecnológica viria de um brasileiro, em solo europeu. O voo do mais pesado que o ar, por meio de Santos-Dumont com seu 14-Bis, redefiniu conceitos de então. A transposição do ar pelo homem não mais se daria apenas por aeróstatos. E, de 1906 até os dias atuais, o avião incorporou inovações que melhoraram sua capacidade e sua segurança, sempre à luz das inovações tecnológicas.

2 A EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA AO PROPICIAR AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA AVIAÇÃO

O objeto de estudo “aviação”, ainda novo, no alvorecer do século passado, propiciaria campo fértil a considerações técnicas, promovendo uma abordagem específica da ciência. Notabilizaram-se nações construtoras, a partir de então. E

o início do século XX tanto trouxe angústia ao criador do avião, ao ver seu emprego em ações bélicas, como também proporcionou avanços nos estudos aerodinâmicos e de propulsão, na Europa e nos Estados Unidos, sobretudo na iniciante beligerância continental europeia.

Velho (2011) comenta aspectos cronológicos do saber científico, pontuando importantes questões nessa linha evolutiva que abrange os últimos setenta anos. É nessa análise que serão salientados os contextos brasileiro e mundial, de forma a verificar-se o caminho trilhado na aviação.

2.1 O “motor do progresso”: a ciência e o pós-guerra

Neste período, assim denominado Velho (2011), verifica-se a assunção do papel da ciência justificada “por si própria”. Na medida em que a comunidade acadêmica dissocia-se de processos sociais, a pesquisa está liberada de compromissos para com a sociedade. Mais que isso: debateu-se, na Segunda Guerra, a questão de uma ciência “nazista”, por exemplo, que pudesse buscar fins, tanto de forma autônoma, quanto de forma partidária.

Findo aquele conflito, houve um “excedente de guerra” que gerou a entrega de equipamentos norte-americanos, talvez como forma embrionária de domínio expansionista-industrial, de mercados emergentes, tanto civis, quanto militares. Tais cessões, destinadas a países que haviam se aliado às nações vencedoras do conflito, iriam assinalar, sobretudo na década de 1950, o marco de expansão de companhias aéreas brasileiras, sem falar no próprio amálgama da Força Aérea Brasileira (FAB), criada em plena guerra (1941).

Surge, em 1947, a Organização de Aviação Civil Internacional (ICAO). As décadas de 1950 e 1960 marcaram a aceitação e o ajuste da aviação a protocolos internacionais, surgidos inicialmente em 1944, e a posterior adequação da legislação brasileira, no que tangia ao transporte aéreo. Quanto à segurança de voo, não havia, até aquele momento, uma metodologia investigativa dos acidentes. Inquéritos de cunho policial davam o tom de apuração de culpa, nos casos de acidentes aéreos. Futuramente, seria observado que a sistematização no tratamento das ocorrências aeronáuticas contribuiria, sobremaneira, para a segurança do avião como meio de transporte.

Particularmente na década de 1950, o avanço da construção aeronáutica foi patente, sendo necessário acompanhamento de pesquisas e também de inovações. Por situações catastróficas ocorridas no decênio, na Europa e nos Estados Unidos, estudos levaram a avanços tecnológicos.

Transcorridos 10 (dez) anos da Convenção de Chicago, que ocorreu em 1944, 2 (dois) acidentes da

aviação comercial, na Europa, tornavam-se marcos da nova metodologia de investigação: os “De Havilland Comet”¹, ingleses, que se acidentaram próximos à Itália, em 10 de janeiro e em 8 de abril de 1954, em que falhas catastróficas de material foram levantadas e viriam a mudar os requisitos de projeto dessa aeronave, tornando-a mais segura na linha de produção. Tais sistemáticas de segurança foram implementadas graças à metodologia da descoberta e disseminação ágil de informações técnicas.

Passados 2 (dois) anos dos acidentes de 1954, portanto em 1956, uma tragédia que comoveu os Estados Unidos foi também catalisadora de pesquisas científicas: no inóspito sobrevoo do “Grand Canyon”,² (duas) aeronaves comerciais que cruzavam o país chocam-se no ar, colidindo, após, com o solo, sem deixar sobreviventes. O acidente com o DC-7 da “United” e o “Constellation” da “TWA” impulsionou tanto procedimentos de coordenação de tripulantes, quanto pavimentou as bases da criação da agência reguladora e fiscalizadora da aviação americana. Tanto possibilitou a concentração de recursos para radares de tráfego aéreo em todo o território dos EUA, como despertou a necessidade de incorporação, na indústria aeronáutica, de equipamentos que gravassem o que transcorria no voo, auxiliando assim uma posterior apuração.

2.2 A ciência “amadurece”: os anos 1960, 1970 e o maior desastre de aviação

A reboque desse amadurecimento, foram criados organismos nacionais brasileiros com foco na pesquisa

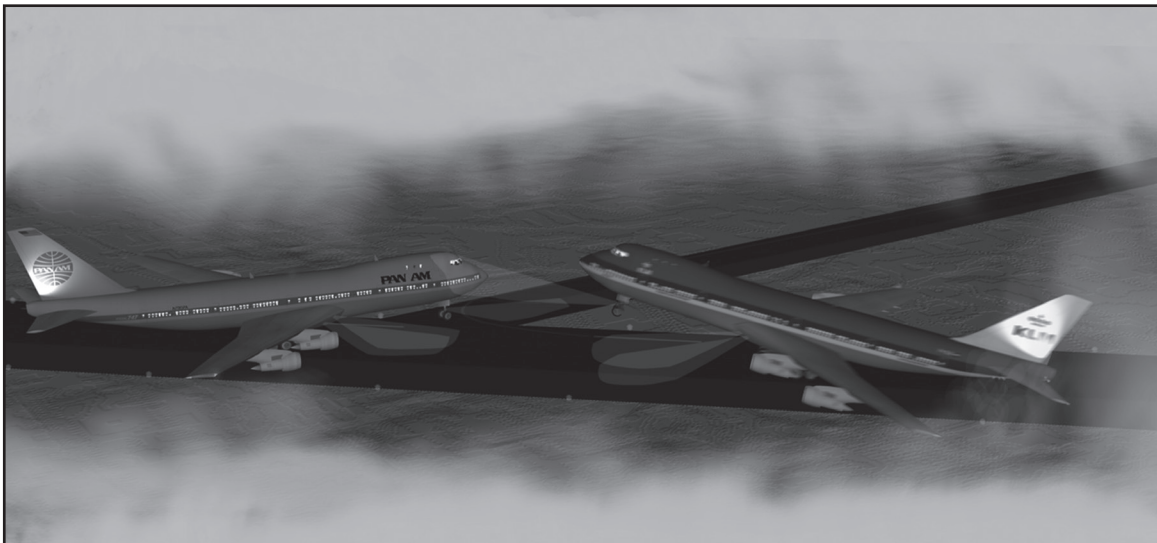
científica. Motoyama (1985) exemplifica 2 (dois), no início dos anos 60: a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em 1962, e a Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), em 1963.

Era visível, segundo Velho, uma movimentação da ciência, tendo “visão unicamente positiva de seus impactos” (VELHO, 2011, p. 139) e cujo combustível eram os próprios movimentos sociais e da contracultura, reinantes até os anos 1970.

A aviação adota, na busca pela ótima operação – segura e econômica –, um modelo a ser testado posteriormente por outros segmentos industriais: a união, em torno de um projeto, de fabricante, empresa operadora e autoridade governamental. Tal conceito tripartite, de *Maintenance Steering Group* (MSG), estabeleceria padrões e processos, consolidando-se nas décadas seguintes. Sob a égide do MSG foram produzidas as maiores aeronaves comerciais da época: o Boeing 747 e o DC-10.

A época marcava o avanço dos voos comerciais de longo alcance, propulsionados pelo motor a jato. E, nos anos 70, ocorre a maior tragédia da aviação até os dias atuais. O “acidente de Tenerife”, como seria eternizado, foi motivador de reestudo do insipiente conceito de “gerenciamento de recursos de cabine”. No evento, em que tripulantes em 2 (duas) aeronaves, mais controlador de tráfego aéreo não tinham plena certeza da posição das mesmas, ficou notória a necessidade de reformulação de procedimentos de fraseologia, bem como de coordenação entre as partes.

Figura 1 - Concepção artística da colisão em Tenerife, em 1977.



Fonte: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tenerife747s.png#/media/File:Tenerife747s.png>

¹ As aeronaves “De Havilland Comet”, de marcas “G-ALYP” (voo BOAC781) e “G-ALYY” (voo SAA201), pertenciam à companhia britânica “British Overseas Airways Corporation” (BOAC). A investigação dos dois acidentes em tela – ocorridos com apenas três meses de diferença, no Mar Mediterrâneo, e vitimando todos os ocupantes – mudou drasticamente os requisitos de projeto dessa aeronave, que passou a incorporar modificações estruturais que viriam a eliminar o problema de descompressão explosiva.

Houve, nesses dois decênios, o efetivo implemento de uma cooperação internacional, de sistematizações de segurança de voo. Iniciou-se o pensamento da investigação de acidentes como ciência, abarcando um método indutivo-dedutivo. O termo “inquérito” foi gradualmente substituído por “investigação”, uma vez que esta poderia, até mesmo no intuito de ampliar o alcance de medidas preventivas, basear seu trabalho em hipóteses de acontecimentos. É nessa época que foi concretizada a metodologia de apuração de fatores contribuintes dos acidentes, e não de uma única causa. Em ocorrências com poucos elementos de investigação, em que se chega a “hipóteses prováveis” do que pode ter levado ao acidente, as medidas preventivas baseadas em tais deduções são igualmente válidas, formalizadas em um relatório final, aceito internacionalmente, e válido apenas como ferramenta de prevenção, sem fins judiciais, posto que não apura responsabilidades.

Data dessa mesma época a criação do organismo brasileiro para a segurança de voo, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), em 1971.

2.3 A ciência e uma visão estratégica – décadas de 80 e 90

A economia mundial buscava formas de maior autonomia, à época, como aponta Velho (2011, p. 142): “processos de globalização da economia [...] privatização, desregulamentação, redução ou remoção de subsídios e de barreiras tarifárias”. Esse era o *modus operandi* dos mercados, buscando tais ajustes governamentais. Já a aviação mundial, nesses dois decênios, notabilizou-se pela pesquisa científica buscando novos materiais e processos, com vistas à economia de escala (motivada, sobretudo, pela crise do petróleo em período anterior).

A despeito de tais avanços, os anos de 1985 e 1996 trariam o maior número de fatalidades em acidentes aéreos já visto. Um contrasenso, já que novas técnicas eram incorporadas à ciência da aviação. Em 1985, um acidente aeronáutico provocaria quebra de paradigmas em termos de trabalhos de manutenção aeronáutica: o voo “JAL 123” promoveu necessidade de revisão de conceitos acerca de instruções claras para interpretação conjunta de dados técnicos de reparo estrutural. Especificamente no caso em tela, uma interpretação

errônea por parte da equipe de manutenção japonesa propiciou uma instalação inadequada no cone de cauda, que não suportou os subseqüentes ciclos de pressurização.

A abordagem dos acidentes aeronáuticos consolidou um movimento iniciado 20 (vinte) anos atrás: a adoção de uma metodologia científica, redundando em análise de relações de causa-efeito que, por sua vez, passaram a ser sistematizadas em ações de correção de não conformidades, além de estudos de causalidade dos acidentes, como a teoria dos dominós e a do alinhamento de condições para a “oportunidade do acidente” (REASON, 1997).

2.4 A ciência e o bem estar social: o século XXI

Na atualidade, vigora o conceito de ciência promotora de inovação, de algo a ser comercializado e, mais que isso, que agregue valor ou qualidade a um processo ou à vida humana. O acrônimo CT&I, ou simplesmente CTI, passou a ser documentado. Em contraponto ao entendimento da ciência descompromissada com a sociedade, como pensamento reinante no pós-guerra, como já visto, passa-se a pensar ciência como algo que possa de fato alavancar melhorias das sociedades. Portocarrero (1994, p. 17), enfatiza sua “constituição ética e social [...] e a responsabilidade política de que deve estar investida”, enquanto Velho (2011) entende que o foco da Política de CTI é, ou deve vir a ser, o bem-estar social, cabendo, portanto, políticas públicas de CTI.

Nesse contexto e conforme demonstra o Quadro 1, a aviação recebe, por parte da ciência, os benefícios que ela própria demanda na busca pelo transporte ótimo de pessoas e de cargas, com a máxima segurança e o maior lucro. Assim, em um claro movimento de “demanda por novas tecnologias” (CASSIOLATO; LASTRES, 2005), tem-se a aviação como exemplo clássico de *demand pull*, muito mais que o avanço do desenvolvimento científico sendo aplicado ao avião (*science push*) que se viu apenas nos primórdios do século passado.

Inovações crescentes, nas 2 (duas) indústrias de aviação (tanto a de construção, quanto a de transporte), foram vistas neste século: novos materiais compostos foram pesquisados e aplicados com sucesso, em programas como o Boeing 787 e os europeus A380 e A350, tornando as aeronaves mais leves, velozes e econômicas.

Quadro 1 - Evolução comparativa “Ciência e Aviação”.

Fases do avanço científico Comparativo “ciência-aviação”	Décadas de 1940 e 1950	Décadas de 1960 e 1970	Décadas de 1980 e 1990	Século XXI
Alguns pontos da conjuntura científica mundial que viriam afetar a aviação	<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa e produção alavancadas pela Segunda Grande Guerra; - excedente do pós-guerra; - navegação aérea dissemina-se com base em estações emisoras de terra. 	<ul style="list-style-type: none"> - disseminação de centros de pesquisa; - ciência espacial impulsionada pela Guerra Fria. 	<ul style="list-style-type: none"> - universidades expandem pesquisa e desenvolvimento; - energias renováveis começam a ser pesquisadas em escala mundial; - protocolos globais acerca de meio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - reflexão de “ciência para o bem”; - evolução do conceito de CT&I.
Contexto de evolução na aviação mundial	<ul style="list-style-type: none"> - surgimento do radar; - “Convenção de Chicago” (1944); - criação da ICAO (1947); - acidentes de 1954 e 1956 (Europa e EUA, respectivamente), influenciando em projetos aeronáuticos e em controle de tráfego aéreo; - pressurização estende-se à construção aeronáutica. 	<ul style="list-style-type: none"> - pesquisa de materiais compostos; - processo investigativo de acidentes sistematizado; - conceito “MSG” - colisão de Tenerife² (1977), cuja investigação gerou avanços na técnica de “Cockpit Resource Management” (CRM); - uso do motor a jato na aviação. 	<ul style="list-style-type: none"> - efetiva utilização de materiais compostos em escala; - início do decréscimo de taxas de ocorrência de acidentes (embora com aumento de número de vítimas); - acidente da JAL³ (1985), cuja investigação gerou mudanças de procedimentos de manutenção; - uso em escala de tecnologia GPS, bem como de painéis de instrumentos em raios catódicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - motores mais confiáveis e econômicos; - produção de combustíveis não fósseis para a aviação; - efetiva redução do número de vítimas em acidentes; - consolidação da hegemonia mundial dos fabricantes de grandes aeronaves: Boeing e Airbus.
Evoluções aeronáuticas no Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - recebimento de materiais de aviação excedentes, do pós-guerra; - FAB e empresas aéreas têm significativo impulso; - criação do ITA (1950). 	<ul style="list-style-type: none"> - voo do Bandeirante (1968); - criação da EMBRAER (1969); - criação do CENIPA e do SIPAER (1971); - inquérito policial, no acidente aeronáutico, sendo substituído pela investigação técnica, não punitiva; - “pensar científico” da segurança de voo. 	<ul style="list-style-type: none"> - EMBRAER dedica-se à construção de jatos de pequeno e médio porte; - SIVAM passa a exercer controle do espaço aéreo nacional amazônico. 	<ul style="list-style-type: none"> - conversão do DAC em ANAC (2006); - segmento militar crescente na EMBRAER/ativação de unidade industrial em Gavião Peixoto (2001); - redução significativa dos acidentes aeronáuticos, a partir de 2012.

Fonte: O autor.

² O voo KLM 4805 colidiu com o “Pan Am” 1736 a 27/03/1977 (dois Boeings 747), na pista de decolagem em Tenerife, Ilhas Canárias, tornando-se até hoje o maior acidente aeronáutico do mundo em número de vítimas fatais (583), tendo como principal contribuinte a falha de coordenação entre tripulações e controle de tráfego.

³ O voo 123 da “Japan Air Lines”, um Boeing 747, acidentou-se a 12/08/1985, em Ueno, Japão, vitimando fatalmente 520 pessoas. Até hoje, é o maior acidente do mundo em número de vítimas em uma única aeronave. Teve como principal contribuinte a execução errônea de um reparo de manutenção, sete anos antes do acidente, cujo material entrou em colapso em voo, vindo a romper estruturalmente parte da aeronave.

3 A CONCEPÇÃO NORMATIVA DA AVIAÇÃO COMO ALICERCE PARA A SEGURANÇA DE VOO

A Convenção de Chicago, em 1944, organizou, de forma embrionária, a entidade supranacional que não mais tornaria o planejamento aéreo ação isolada entre os povos.

Ao tempo que respeitou a soberania jurídica de cada nação, a ICAO, como organismo demandado da Convenção, recomendou e recomenda, fortemente, o cumprimento de seus ditames, sugerindo a adequação às leis e normas nacionais, a fim de

promover o entendimento político entre os Estados, padronizar procedimentos, elencar melhores práticas regulatórias e trabalhar pela implementação de políticas comuns.⁴ (Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC. 2014).

A reboque do organismo internacional maior, alguns Estados europeus, americanos e asiáticos foram os primeiros a criar seus próprios órgãos de investigação ou, em acepção mais ampla, estruturas de Segurança de Voo. Ao norte-americano “National Transportation Safety Board” (NTSB), ao britânico “UK Air Accidents Investigation Branch” (AAIB) e ao francês “Bureau d’Enquêtes et d’Analyses” (BEA), seguiu-se a iniciativa brasileira de criação do CENIPA com a tarefa de tornar-se o órgão executivo do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). O conceito de Segurança de Voo, em termos mais amplos, foi traduzido em “Segurança Operacional”, sendo, após, incorporado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Segundo esse enfoque, a Segurança de Voo passou a ser estudo interdisciplinar, envolvendo aspectos de treinamento, aspectos médico-psicológicos, legais, de engenharia, de meteorologia e de outras tantas ciências. Segurança de Voo que – organizada na forma de protocolos internacionais – permitiu a criação de um novo ordenamento normativo em cada país.

Por meio da investigação dos acidentes e incidentes, da rápida divulgação dos resultados, da atuação nos achados (*findings*) de investigação (fossem eles de fabricação, manutenção ou operação), seguidas as recomendações emitidas pelos organismos, o avião consolidava-se, já com meio século após sua invenção, como o meio de transporte mais seguro que existia.

Nos anos que se seguiram à Convenção de Chicago, documentos foram formalizados. Assim, em 19 (dezenove) anexos, ações vieram a ser contempladas, da meteorologia aeronáutica ao transporte de bens

perigosos, da formação de pessoal à preocupação com o meio ambiente, passando pela área fulcral deste objeto de estudo, a “Investigação de Acidentes na Aviação” (Anexo número 13 da ICAO).

A ICAO identificou importância cabal nas ações de investigação dos acidentes, de forma que as recomendações advindas de um trabalho técnico, de apuração de fatores que contribuíram para a ocorrência, pudessem ser do conhecimento e da consequente aplicação por parte dos países representados por seus operadores e fabricantes. Assim, as revisões do “Anexo 13” à Convenção de Chicago foram consensualmente obtidas, tratando da Segurança de Voo sob uma égide maior, sendo adotadas como base pelos países na confecção de seus protocolos de investigação. A última dessas revisões foi no ano de 2010.

4 CONCLUSÃO

Não há estatística de acidentes evitados. Essa é a máxima que o CENIPA demonstra nos bancos escolares. Assertiva fática, traduzida no trabalho de prevenção diuturno, que se vale dos avanços da ciência. No entanto, há estatística de acidentes ocorridos e esta caminha para a terceira redução anual consecutiva no país. Números favoráveis, sobretudo, se considerados os aumentos no número de aeronaves da frota nacional e nas horas voadas, no mesmo período.

Se a ciência, com seus avanços, foi o motor da humanidade desde o último século, o avião ajudou e foi ajudado pela ciência. Na atualidade, em um modelo *demand pull*, a aeronáutica emprega avanços em forma de inovação, seja na fabricação, seja na operação, seja na manutenção, melhorando os índices de segurança de voo.

A ciência aeroespacial, enriquecendo-se das inovações, tendo o avião como artefato de emprego de várias tecnologias e propiciando quebra de paradigmas (do “voo do mais pesado que o ar” à união de povos e culturas), fundamentou-se, no pós-guerra, em um alicerce: descobertas técnicas deveriam circular entre operadores e fabricantes, de forma que se produzissem aeronaves, bem como processos operativos e de manutenção cada vez mais seguros, evitando-se, com isso, acidentes desnecessários.

A disseminação de conhecimentos entre signatários de Chicago dar-se-ia, então, pela normalização de processos investigativos. Surgiu assim a “Segurança de Voo” (Flight Safety) como área do conhecimento especializado, técnico, evolutivo, instigante, que, por meio da ciência e da tecnologia, evolui para o bem dos povos.

⁴ Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/FAQ.aspx?categorias=52&palavraChave=>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC).

Relatório de atividades 2012: Agência Nacional de Aviação Civil. Brasília, DF: ANAC, 2012. Disponível em: http://www.anac.gov.br/publicacoes/publicacoes-arquivos/relatorio_de_atividades_anac_2012.pdf/view. Acesso em: 24 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira.** FCA 58-1/2014. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/Estat%C3%ADsticas%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil%202004%20a%202013.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2015.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. **Sistema de Inovação e Desenvolvimento: as implicações de política.** 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392005000100003&script=sci_arttext. Acesso em: 02 abr. 2015.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS (CENIPA). **Panorama Estatístico da Aviação Civil Brasileira.** FCA 58-1/2015. Disponível em: <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/19/Ocorr%C3%AAcias%20Aeron%C3%A1uticas%20Avia%C3%A7%C3%A3o%20Civil%202005%20a%202014.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2016.

MAGRINI, D. F. **Anexos Convenção de Chicago de 1944.** DocSlide, 18 jul. 2015. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/anexos-convencao-de-chicago-de-1944.html>. Acesso em 24 ago. 2016.

MOTOYAMA, S. **Os principais marcos históricos em ciência e tecnologia no Brasil.** 1985. Disponível em: http://www.mast.br/arquivos_sbhc/20.pdf. Acesso em: 02 abr. 2015.

PORTOCARRERO, V. (Org.). **Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents.** Farnham: Ashgate. 1997.

ROSA, C. A. P. **História da Ciência: da antiguidade ao renascimento científico.** 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012.

VELHO, L. **Conceitos de ciência e a política científica, tecnológica e de inovação.** 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/soc/v13n26/06.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2015.

WIKIMEDIA COMMONS. **The free media repository.** [2008?]. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tenerife747s.png#/media/File:Tenerife747s.png>. Acesso em: 24 ago. 2016.

Gênese da Bipolaridade Confrontativa Indireta na Guerra da Coreia

Genesis of Indirect Confrontational Bipolarity in the Korean War

Génesis de la Bipolaridad de Confrontación Indirecta en la Guerra de Corea

Roy Reis Friede¹

RESUMO

Este artigo busca analisar o surgimento do fenômeno denominado Bipolaridade Confrontativa Indireta (e Assimetria Reversa Reflexa), cuja gênese ocorreu durante a Guerra da Coreia. Para tanto, inicia abordando o papel chinês e o menosprezado protagonismo soviético no conflito coreano, passando pelo recuo norte-americano no confronto e pelo embate entre as lideranças militares dos EUA à época (o Presidente Harry Truman e o General Douglas MacArthur), bem como pelo êxito da estratégia do emprego do poder aéreo contra a superioridade numérica das tropas terrestres chinesas e nortecoreanas, o que terminou por consolidar, em toda sua plenitude, a nova concepção geopolítica e geoestratégica de “Guerra Limitada” e a própria *Bipolaridade Confrontativa Indireta*.

Palavras-chave: Guerra da Coreia. Guerra limitada. Bipolaridade confrontativa indireta. Assimetria reversa reflexa.

ABSTRACT

This article seeks to analyze the emergence of the phenomenon called Indirect Confrontational Bipolarity (and Reflex Reverse Asymmetry), whose genesis occurred during the Korean War. To this end, it starts by addressing the Chinese role and the despised Soviet role in the Korean conflict, going through the North American retreat in the confrontation and the clash between US military leaders at the time (President Harry Truman and

General Douglas MacArthur), as well as through the success of the strategy of using airpower against the numerical superiority of Chinese and North American ground troops, which ended up consolidating, in all its fullness, the new geopolitical and geostrategic conception of “Limited War” and the Indirect Confrontational Bipolarity itself.

Keywords: Korean War. Limited war. Indirect confrontational bipolarity. Reflex reverse asymmetry.

RESUMEN

Este artículo busca analizar la aparición del fenómeno llamado Bipolaridad de Confrontación Indirecta (y asimetría inversa refleja), cuya génesis ocurrió durante la Guerra de Corea. Con este fin, comienza abordando el papel chino y el despreciado protagonismo soviético en el conflicto coreano, pasando por la retirada norteamericana en la confrontación y el enfrentamiento entre los líderes militares estadounidenses en ese momento (el presidente Harry Truman y el general Douglas MacArthur), así como por el éxito de la estrategia de emplear el poder aéreo en contra la superioridad numérica de las tropas de tierra chinas y norteamericanas, que terminó consolidando, en toda su plenitud, el nuevo concepto geopolítico y geoestratégico de “Guerra limitada” y la propia Bipolaridad de Confrontación Indirecta.

Palabras clave: Guerra de Corea. Guerra limitada. Bipolaridad de confrontación indirecta. Asimetría inversa refleja.

I. Tribunal Regional Federal da 2ª Região (TRF da 2ª região) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Doutor em Direito Público pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: rfriede@trf2.gov.br

Recebido: 27/03/17

Aceito: 10/01/19

1 INTRODUÇÃO

Não obstante as reconhecidas restrições embrionárias ao emprego do poderio militar norte-americano no intrigado episódio do **Bloqueio de Berlim** pelos soviéticos, é forçoso reconhecer que o **fato histórico** mais marcante, - e que a maioria dos estudiosos atribui como o verdadeiro responsável pela gênese da **Bipolaridade Confrontativa Indireta** e, conseqüentemente, peça inaugural da denominada **Assimetria Reversa Reflexa** -, foi o célebre encontro das tropas de MacArthur, estacionadas às margens do rio Yalu, na parcela coreana da fronteira com a China Continental, com uma fração substancial do surpreendente contingente de aproximadamente 250 a 400.000 soldados chineses (dependendo da fonte) dispostos na margem oposta (chinesa).

Analisando tal fato em um contexto mais amplo, como bem adverte Henry Kissinger (2011), nenhum estudioso das relações internacionais poderia imaginar, à época, que um exército recém-saído de uma guerra civil e na maior parte equipado com armas capturadas dos nacionalistas poderia se dispor a enfrentar a maior potência econômica e militar do planeta naquele momento histórico tão particular. A explicação lógica para tanto, segundo o mencionado autor, exige uma compreensão especial de como a China, sob o comando de Mao Tse Tung (ou Mao Zedong), percebia a estratégia da **deterrência**, no espectro da denominada Guerra Clássica, combinando elementos de longo prazo, estratégicos e psicológicos.

2 O PAPEL CHINÊS E O MENOSPREGADO PROTAGONISMO SOVIÉTICO NO CONFLITO COREANO

Apesar da brilhante análise sobre o papel chinês no conflito coreano, não há como deixar de reconhecer que o mencionado autor deixou de ater-se ao protagonismo soviético no epígrafado episódio. Destarte, a verdade é que a União Soviética usou a China para testar, de forma mais segura, sua expansão geopolítica sobre a Ásia, uma vez que as possibilidades para idêntica empreitada haviam se encerrado na Europa no final da década de 40, particularmente após a criação da OTAN, em 1949.

Nesse sentido, ainda que com relativa hesitação, a União Soviética calculou que os Estados Unidos não deslocariam tropas para a Ásia na defesa da Coreia, ou mesmo de Taiwan; a uma, porque

declaradamente ambas regiões não se encontravam no perímetro defensivo estabelecido por Washington (KISSINGER, 2011, p. 128-129) e, a duas, porque os EUA não haviam tomado qualquer iniciativa para deslocar forças militares na defesa de Chiang Kai-Shek (ou Jiang Jieshi), permitindo estabelecer a derrota dos nacionalistas na guerra civil chinesa, em 1949. Ademais, subsistia no pensamento soviético a suposta necessidade de se estabelecer uma compensação pela negativa de MacArthur em compartilhar, com seus aliados russos, a ocupação japonesa, a exemplo do que fora realizado na Europa. A ideia central repousava, desta feita, no estabelecimento de uma espécie de **domínio compensatório** sobre a península coreana, utilizando a China como anteparo (reduzindo os riscos de um confronto direto com os Estados Unidos), premiando, por fim, a China pelos seus supostos bons serviços, com a reunificação de Taiwan.

Tendo concedido o continente para controle comunista e fosse lá o impacto geopolítico que pudesse advir, não fazia sentido resistir às tentativas comunistas de ocupar Taiwan. Isso era na verdade a avaliação do NSC-48/2, um documento refletindo a política nacional preparado pela equipe do Conselho de Segurança Nacional e aprovado pelo presidente. Adotado em 30 de dezembro de 1949, concluiu que 'a importância estratégica de Formosa [Taiwan] não justifica a ação militar aberta'. Truman defendera um ponto de vista similar em uma coletiva de imprensa em 5 de janeiro: 'O governo dos Estados Unidos não fornecerá ajuda militar ou conselhos para as forças chinesas em Formosa'. (GONCHAROV, LEWIS, LITAI, 1993, p. 8. KISSINGER, 2011, p. 128-129).

Por efeito, no dia 19 de outubro de 1950, por ordem direta de Mao Tse Tung (ou Mao Zedong) (cf. *Chinese Troops Enter North Korea*: <http://teachingamericanhistory.org/static/nch/interactives/timeline/data/102550.html>), e contrariando grande parte da liderança chinesa que temia um confronto direto com os EUA, as forças chinesas, **"voluntárias"** (buscando evitar a "oficialização" do ingresso da China no conflito), atravessaram o rio Yalu e, no dia seguinte, forças da ONU e da China já estavam trocando tiros na região de fronteira.

(...) Mao Tse Tung, cético quanto à capacidade da Coreia do Norte, disse ao Politburo: 'Se os imperialistas americanos saírem vitoriosos, o sucesso vai lhes subir à cabeça, e ficarão em posição de nos ameaçar. Temos de ajudar a Coreia; temos de ir em seu auxílio. Isso pode ser feito na forma de uma força voluntária, e no momento de nossa escolha, mas devemos começar a nos preparar' (ZHIHUA).

(...) Nesse meio-tempo estavam sendo feitas análises de estado-maior e exercícios cartográficos. (...) Os compromissos dos Estados Unidos pelo mundo, assim rezava o argumento, limitariam a mobilização norte-americana a um máximo de 500 mil efetivos (na verdade, o auge do efetivo máximo estadunidense empregado na Coreia atingiu a cifra de 326.863 homens, além de mais 45.000 efetivos dos demais países da ONU), enquanto a China tinha um exército de 4 milhões de soldados a que recorrer. A proximidade chinesa do campo de batalha dava-lhe uma vantagem logística. Os planejadores chineses achavam que contariam com uma vantagem psicológica também devido ao fato de que a maioria dos povos mundiais apoiaria a China. (JIAN, 2001, p. 144).

Os soviéticos então, segundo Shen Zhihua (*China and the Dispatch of the Soviet Air Force: The Formation of the Chinese-Soviet-Korean Alliance in the Early Stage of the Korean War*, *The Journal of Strategic Studies*, vol. 33, no. 2, ps. 211-230) decidiram alterar sua postura de maior **prudência** e **distanciamento** em relação à guerra coreana, enviando, além de mais suprimentos e suporte logístico, alguns **esquadrões de sua força aérea, objetivando neutralizar os bombardeios norte-americanos, bem como realizar ataques em solo** coreano, deslocando, inclusive, unidades dos moderníssimos MiG-15 Fagot (estacionadas em países europeus), que se revelaram uma “surpresa tecnológica”, especialmente durante o transcurso do primeiro semestre de 1951. Como resultado, na batalha de *Onjong*, **as forças sul-coreanas foram massacradas pelos chineses**. Em 1º de novembro, soldados da China e dos Estados Unidos travaram seu primeiro combate na batalha de *Unsan*, vencida pelos chineses.

A sabedoria convencional costuma atribuir a decisão chinesa de entrar na Guerra da Coreia à decisão americana de cruzar o paralelo 38 no começo de outubro de 1950 e ao avanço das forças das Nações Unidas para o rio Yalu, a fronteira de China e Coreia. (...)

O evento que precipitou esse plano foi o despacho inicial de tropas americanas para a Coreia combinado à neutralização do estreito de Taiwan. A partir desse momento, Mao ordenou o planejamento para a entrada chinesa na Guerra da Coreia com o propósito de, no mínimo, impedir o colapso da Coreia do Norte e, ocasionalmente, para o objetivo revolucionário máximo de expulsar inteiramente as forças americanas da península. (ZHANG, 1995, p. 101-107; p. 123-125. JIAN, 2001, p. 91-96).

O comando da ONU, contudo, não acreditava inicialmente na dimensão da intervenção chinesa e no elevado número de soldados de Pequim em solo

coreano. A verdade é que, entre os próprios chineses, não havia uma unanimidade quanto à conveniência estratégica de um envolvimento direto de tropas chinesas no conflito coreano.

Os obstáculos à intervenção chinesa eram tão desencorajadores que toda a liderança de Mao Tse Tung (Mao Zedong) foi necessária para conquistar a aprovação de seus colegas. (...)

Nesse ponto, Stalin reentrou na cena para apoiar a continuação do conflito que ele havia encorajado e cujo encerramento não estava nos seus planos. O exército norte-coreano estava entrando em colapso, e outro desembarque americano no litoral oposto era esperado pelo serviço de informações soviético perto de Wonsan (equivocadamente). Preparativos chineses para a intervenção estavam muito mais adiantados, mas a situação ainda não era irrevogável. Stalin desse modo decidiu, em uma mensagem (carta), enviada em 1º de outubro, para Mao, pedir a intervenção chinesa. Após Mao ter protelado uma decisão, mencionando o perigo da intervenção americana, Stalin enviou um telegrama com uma informação adicional. Ele estava preparado, insistia, em se comprometer a um apoio militar soviético numa guerra total caso os Estados Unidos reagissem à intervenção chinesa. (...)

A carta de Stalin deixou Mao em um dilema. Uma coisa era planejar a intervenção de modo abstrato em parte como um exercício de solidariedade revolucionária. Outra era efetivamente executá-la, especialmente quando o exército norte-coreano estava à beira da desintegração. A intervenção chinesa tornava imperativos suprimentos soviéticos e, acima de tudo, eficiente cobertura aérea, uma vez que o Exército de Libertação Popular não contava com uma força aérea minimamente operacional. Assim, quando a questão da intervenção foi apresentada perante o Politburo, Mao recebeu uma resposta surpreendentemente ambígua, levando-o a esperar antes de dar sua palavra final. Em vez disso, Mao despachou Lin Biao (que rejeitara o comando das forças chinesas, alegando problemas de saúde) e Zhou Enlai para a Rússia a fim de discutir as perspectivas da assistência soviética. (...)

Zhou e Lin Biao haviam sido instruídos a advertir Stalin de que, sem receber uma garantia de suprimentos, a China não poderia, no fim, empreender o que viera preparando por dois meses. (...) Suas perspectivas dependeriam dos suprimentos e do apoio direto que Stalin disponibilizaria. (...)

Um sintoma de divisões internas chinesas é o misterioso caso de um telegrama de Mao para Stalin enviado na noite de 2 de outubro, do qual duas versões contraditórias são mantidas nos arquivos de Pequim e Moscou.

Em uma versão do telegrama de Mao (...), o líder chinês escreveu que Pequim ‘decidira enviar parte de nossas tropas para a Coreia sob o nome de Voluntários [Populares Chineses] para combater os Estados Unidos e seu laçao Syngman Rhee e para ajudar os camaradas coreanos’ (GONCHAROV, LEWIS, LITAI, 1993, p. 177). (...) Mao observou que ‘devemos estar preparados para uma declaração de guerra dos Estados Unidos e para o subsequente

uso da força aérea norte-americana bombardeando inúmeras das principais cidades e bases industriais chinesas, bem como para um ataque da marinha americana contra nossas regiões costeiras'. O plano chinês era enviar 12 divisões do sul da Manchúria em 15 de outubro. 'No estágio inicial', escreveu Mao, eles iriam mobilizar as tropas a norte do paralelo 38 e 'meramente empreender a guerra defensiva' contra tropas inimigas que cruzem o paralelo. Nesse meio-tempo, 'eles vão esperar pela chegada de armas soviéticas. Uma vez bem-equipados, vão cooperar com os camaradas coreanos em contra-ataques para aniquilar as tropas agressoras americanas' (GONCHAROV, LEWIS, LITAI, 1993, p. 177).

Em uma versão diferente do telegrama de 2 de outubro de Mao (...), Mao informava Stalin que Pequim não estava preparada para enviar tropas. Ele aventou a possibilidade de que, após posteriores conversas com Moscou (...), Pequim se mostraria inclinada a entrar no conflito.

Durante anos estudiosos analisaram a primeira versão do telegrama como se fosse a única existente; quando a segunda versão emergiu, alguns se perguntaram se um dos documentos não poderia ser falso. A explicação mais plausível é a proposta pelo estudioso chinês Shen Zhihua: a de que Mao esboçou a primeira versão do telegrama pretendendo enviá-lo, mas que a liderança chinesa estava tão dividida que um telegrama mais equívoco foi substituído. A discrepância sugere que, mesmo enquanto as tropas chinesas avançavam na direção da Coreia, 'a liderança chinesa continuava debatendo sobre por quanto tempo ainda aguardar por um compromisso de apoio definitivo do aliado soviético antes de dar o último e irrevogável passo' (ZHIHUA, 1996, p. 240).

Os dois autocratas comunistas haviam sido treinados em uma dura escola de política do poder, que agora aplicavam um no outro. Nesse caso, Stalin se mostrava o jogador inflexível quintessencial. Ele friamente informou a Mao (...) que, em vista da hesitação chinesa, a melhor opção seria a retirada do que restava das forças norte-coreanas para a China, onde Kim Il-Sung poderia formar um governo provisório no exílio. Os doentes e incapacitados poderiam ir para a União Soviética. Ele não se incomodava em ter americanos em sua fronteira asiática, afirmou Stalin, uma vez que já os confrontava ao longo das linhas divisórias europeias.

Stalin sabia que o único resultado que Mao queria menos do que forças americanas às portas da China era um governo coreano provisório na Manchúria em contato com a minoria coreana que vivia ali, reivindicando algum tipo de soberania e pressionando constantemente por empreitadas militares na Coreia. E ele deve ter sentido que Mao ultrapassara o ponto sem volta. A escolha da China, nessa situação, era entre um exército americano no Yalu, ameaçando diretamente a metade da indústria chinesa facilmente ao alcance, e uma União Soviética descontente, negaceando suprimentos, talvez voltando a reivindicar seus 'direitos' sobre a Manchúria. Ou então a China prosseguiria no curso que Mao continuara a buscar mesmo enquanto barganhava com Stalin. Ele estava em uma posição onde tinha de intervir, paradoxalmente em parte para se proteger contra as intenções soviéticas.

(...) Ambos os líderes comunistas haviam explorado as necessidades e inseguranças um do outro. Mao conseguira obter os suprimentos militares soviéticos para modernizar seu exército; algumas fontes chinesas alegam que durante a Guerra da Coreia ele recebeu equipamento para 64 divisões de infantaria e 22 divisões aéreas (GONCHAROV, LEWIS, LITAI, 1993, p. 200-201. XUEZHI, QICAI, 1990. XU, 1985) e Stalin amarrara as mãos da China num conflito com os Estados Unidos na Coreia. (KISSINGER, 2011, p. 145).

3 O RECUO NORTE-AMERICANO E O EMBATE ENTRE SUAS LIDERANÇAS MILITARES

Segundo Richard W. Stewart (*The Korean War: The Chinese Intervention*, U.S. Army Center of Military History), em 24 de novembro, o 8º Exército Norte-americano lançou uma ofensiva na costa noroeste da Coreia do Norte sem qualquer sucesso. No dia seguinte, forças militares dos Estados Unidos, da Coreia do Sul e de alguns países aliados, como o Reino Unido, foram severamente atacadas por tropas chinesas na **batalha do rio Chongchon**. Neste combate, ambos os lados sofreram pesadas baixas, mas os chineses lograram-se vitoriosos, obrigando as forças da ONU a recuar para o paralelo 38 e restabelecerem uma nova linha defensiva. Ao mesmo tempo, o X Corpo do Exército dos Estados Unidos foi atacado na região de *Chosin Reservoir*, onde uma batalha de 17 dias sob frio intenso se seguiu e terminou com mais uma perturbadora vitória chinesa.

De acordo com Billy C. Mossman (*Ebb and Flow*, November 1950 - July 1951. United States Army in the Korean War, Center of Military History), em meados de dezembro, as forças americanas já haviam se retirado para a fronteira original entre as Coreias.

Nesse momento crucial, iniciou-se, formalmente, um inédito e inusitado debate entre as **lideranças militares**, sob o comando do General MacArthur, e o **poder civil**, capitaneado pelo Presidente Truman, que acabou se exteriorizando através de um confronto de ideias antagônicas sobre a condução da guerra: de um lado um dos mais respeitados heróis da Segunda Guerra, que desejava conduzir operações militares em território chinês, bombardeando suas principais cidades e destruindo toda sua infraestrutura militar e econômica e introduzindo 650.000 chineses de Taiwan na batalha, e, de outro, um presidente eleito em 1948 (tendo quase disputado a presidência com o próprio MacArthur, cuja indicação pelo Partido Republicano acabou não acontecendo), com pouca experiência e pressionado por uma opinião pública hostil e pela própria imprensa estadunidense, que inflamavam o debate, inclusive com veementes defesas pelo emprego de armas nucleares táticas contra os chineses.

Empenhado, todavia, em estabelecer, no contexto do conflito coreano, uma nova (e inédita) categoria de **“Guerra Limitada”**, fazendo florescer, desta feita, o conceito de **Bipolaridade Confrontativa Indireta**, e, por via de consequência, afirmando, pela primeira vez, o conceito de **Assimetria Reversa**, ainda que inicialmente de forma reflexa, e, igualmente, convencido pelo Primeiro-Ministro inglês Clement Attlee, de que o confronto na Ásia era apenas um **“desvio de atenção aos problemas europeus”**, o Presidente Harry Truman não somente negou permissão ao General MacArthur para empreender as necessárias operações aéreas de bombardeio em território chinês, como ainda afastou qualquer possibilidade de autorizar a utilização de tropas chinesas de Taiwan, não obstante a própria relutância presidencial de enviar à Península Coreana mais tropas terrestres estadunidenses, consoante reiteradas solicitações dos militares.

4 A GÊNESE DA BIPOLARIDADE CONFRONTATIVA INDIRETA (E ASSIMETRIA REVERSA REFLEXA)

Inaugurava-se, dessa forma, um inédito capítulo na geopolítica internacional de **imitação ao emprego do poder militar** que se convencionou denominar de **Bipolaridade Confrontativa Indireta (e Assimetria Reversa Reflexa)** e que, gradativamente, foi se consolidando no período compreendido entre 18 de outubro de 1950 a 11 de abril de 1951 (data da destituição do General MacArthur do comando supremo das forças da ONU na península coreana).

Para adicionar mais combustível ao debate, no início de 1951 os chineses e norte-coreanos lançaram uma terceira ofensiva conjunta, conquistando, pela segunda vez, Seul em 4 de janeiro (STOKESBURY, 1990, p. 117). Foi o suficiente para a radicalização das antagônicas posições, passando MacArthur a advogar, de forma mais contundente, uma guerra total contra a China, defendendo uma campanha intensiva de bombardeios contra os principais alvos militares e industriais chineses e, até mesmo, o chamado bombardeio **por área** em cidades e o próprio uso de armas nucleares em desertos da Manchúria (como demonstração de força).

Em 23 de dezembro de 1950, o comandante do 8º Exército, Walton Walker viria a falecer, sendo substituído pelo General Matthew Ridgway Bunker.

Segundo James L. Stokesbury (1990, p. 113), o General Ridgway, escolhido pessoalmente por MacArthur, teve uma autonomia decisória que jamais

foi concedida ao seu antecessor, passando este a introduzir novas estratégias como a doutrina conhecida como **“moedor de carne”**, consistente no emprego de bombardeios B-29 (originalmente desenvolvidos para missões de **interdição**) em operações de **apoio tático e suporte** às tropas, imprimindo novo ânimo ao 8º Exército.

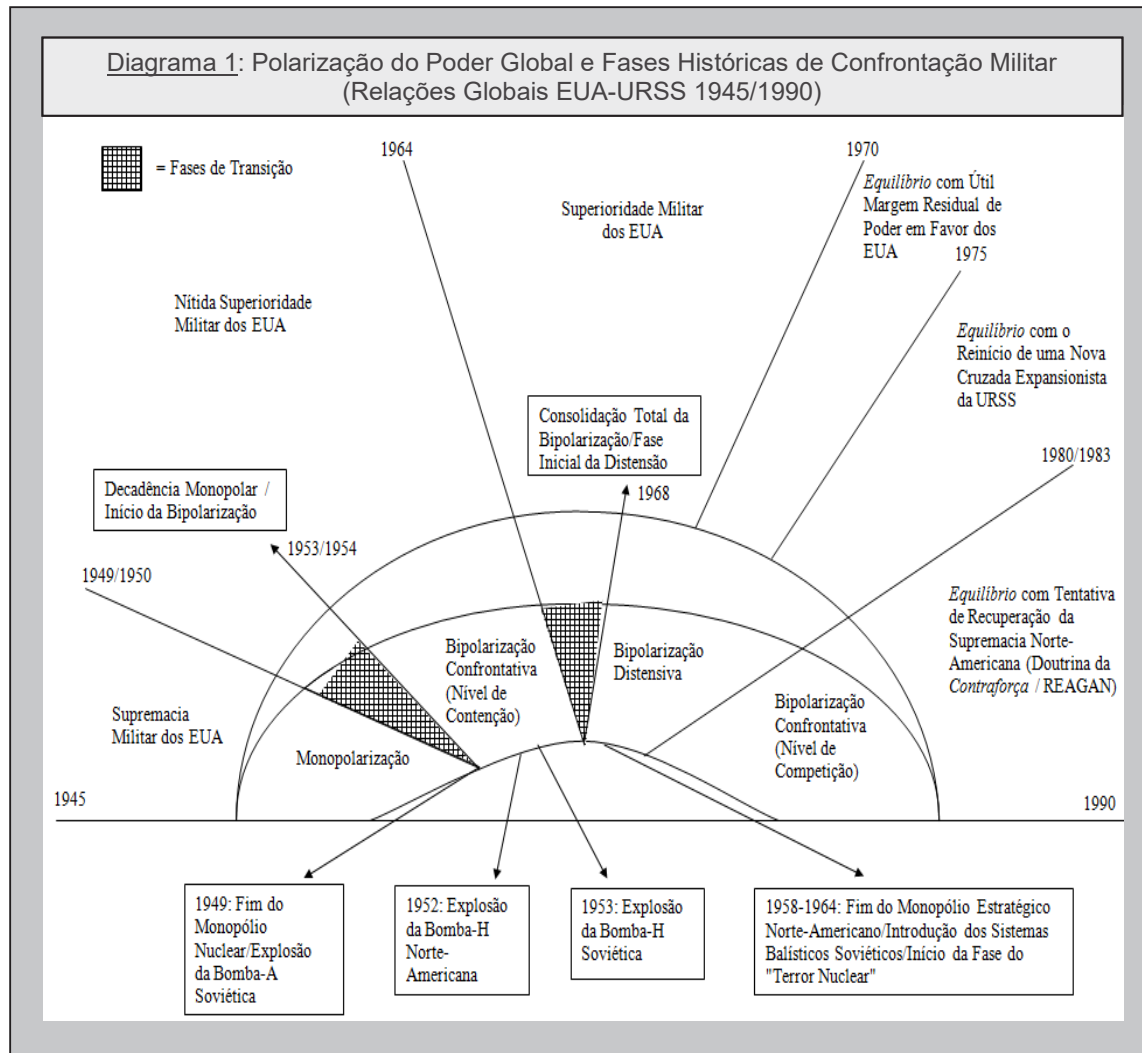
As forças da ONU recuaram até *Sumon* no oeste, até *Wonju* no centro e *Samcheok* no leste, estabelecendo uma nova linha de defesa.

Em fevereiro de 1951, segundo James L. Stokesbury, o exército chinês lançou a quarta fase de sua ofensiva na Coreia e conquistou o condado de *Hoengseong*. Entretanto, as forças chinesas **não conseguiram avançar além de Seul** devido a falta de suprimentos, permitindo que o general Ridgway **lançasse um contra-ataque** e expulsasse as tropas adversárias das proximidades do rio Han. A quarta ofensiva chinesa foi, desta feita, consoante lição de James L. Stokesbury (ob. cit., p. 121), oficialmente detida em *Chipyong-ni*.

Nas últimas duas semanas de fevereiro de 1951, foi implementada a **Operação Killer**, lançada pelo 8º Exército Norte-americano e pelo I Corpo de Fuzileiros americanos. A ofensiva reconquistou os territórios ao sul do rio Han e o IX Corpo de Fuzileiros reconquistaram Hoengseong (STOKESBURY, 1990, p. 122). **Em 14 de março, Seul foi reconquistada.** A população da capital, que antes da guerra era de **1,5 milhão** de pessoas, tinha declinado para **200 mil** devido às quatro grandes batalhas travadas na cidade durante a guerra. O líder chinês, Mao Tse Tung, **pediu então a Stalin mais assistência e o premier soviético respondeu enviando duas divisões aéreas, três divisões de baterias anti-aérea e seis mil caminhões com suprimentos** (KOLB, 1999). Apesar destas medidas, o problema logístico com suprimentos dos chineses continuou, face ao maciço e contínuo ataque aéreo norte-americano contra as posições chinesas e, em particular, contra as suas linhas de suprimento.

O êxito da estratégia do emprego do poder aéreo contra a superioridade numérica das tropas terrestres chinesas e norte-coreanas encorajou um fortalecido e mais confiante Truman a destituir do supremo comando das forças da ONU na Coreia o general MacArthur, substituindo-o pelo general Ridgway.

Consolidava-se, neste momento, em toda a sua plenitude, a nova concepção geopolítica e geoestratégica de **“Guerra Limitada”** e a própria **Bipolaridade Confrontativa Indireta**.

Diagrama 1 - Polarização do Poder Global e Fases Históricas de Confrontação Militar (Relações Globais EUA-URSS 1945/1990).

Fonte: O autor.

Segundo David Halberstam (HALBERSTAM, 2007, p. 498), MacArthur foi alvo de uma investigação do Congresso Nacional entre maio e junho de 1951, que, entretanto, concluiu, dubiamente e sem resultados concretos, que ele havia abertamente desobedecido as ordens do seu presidente e assim violado a Constituição dos Estados Unidos.

No comando geral das forças da ONU, o general Ridgway lançou um pesado contra-ataque no perímetro defensivo dos chineses e norte-coreanos que acabou sendo um sucesso. O general James Van Fleet assumiu o comando do 8º exército americano e, em março de 1951, duas ofensivas aliadas conseguiram infligir pesadas baixas nas forças opositoras e forçar o seu recuo. **Os capacetes azuis avançaram então até o paralelo 38 e cercaram os chineses destruindo boa parte de seus exércitos** (STOKESBURY, 1990, p. 131). Em abril de 1951, os chineses lançaram uma contra-ofensiva, com quase 700 mil homens na linha de frente. Este ataque foi detido pelos

fuzileiros americanos nas batalhas de *Kapyong* e do rio *Imjin*. Em 15 de maio, os chineses tentaram novamente avançar contra as linhas aliadas nas margens do rio *Soyang*. No dia 20 de maio, entretanto, as tropas chinesas atacantes já estavam em retirada (STOKESBURY, 1990, p. 136-137). Nesta oportunidade, o 8º Exército dos Estados Unidos lançou um ataque contra os chineses e norte-coreanos, além do paralelo, mas não lograram, todavia, obter um grande avanço (STOKESBURY, 1990, p. 137-138).

A partir de julho de 1951, as forças da ONU e da China continuaram a engajar uma árdua luta de trincheiras, onde nenhum dos dois lados conseguia dar um golpe decisivo sobre o outro. **Bombardeios aéreos em larga escala contra a Coreia do Norte** se intensificaram, - sobretudo com a chegada dos F-86A Sabre, que conseguiram, com a introdução posterior de versões aperfeiçoadas (F-86E e F), gradativamente, obter uma superioridade aérea sobre os MiG-15 Fagot soviéticos (mesmo em relação à sua versão

aperfeiçoada MiG-15 BIS, posteriormente posta em combate) -, abrindo caminho para as primeiras negociações de armistício, que começaram em 10 de julho de 1951. Todavia, apesar das negociações,

a guerra continuava a todo vapor (STOKESBURY, 1990, p. 145; 175-177), com grandes combates sendo travados durante esse período, como a batalha de *Bloody Ridge* e a de *Heartbreak Ridge*.

Diagrama 2 - Modalidades Históricas de Bombardeios Norte-Americanos X Efetividade no Conflito.

Diagrama 2: Modalidades Históricas de Bombardeios Norte-Americanos X Efetividade no Conflito					
Modalidade de Bombardeio	Segunda Guerra Mundial	Guerra da Coreia	Guerra do Vietnã	Efetividade	Fator Limitante
Bombardeio de precisão contra Alvos Militares (com efetivas restrições operacionais)	(-)	(-)	Vietnã do Norte (Operação Rolling Thunder de 2/3/1965 a 1/11/1968) ^a	Baixa	Bipolaridade Confrontativa Indireta
Bombardeio de precisão contra Alvos Militares e Instalações Econômico-Industriais	Hamburgo-1ª Fase (Doutrina de EAKER-1943) ^a	(-)	(-)	Média	(-)
Bombardeio de precisão contra Alvos Militares e Instalações Econômico-Industriais (com efeitos colaterais implícitos)	Hamburgo – 2ª Fase (Doutrina de SPAATZ-10/44) ^a	Coreia do Norte (Estratégia do "Moedor de Carne") ^c	Hanói e Hafong (Operação Linebacker II de 18 a 30/12/1972) ^b	Alta	Nenhum (Europa e Coreia) Assimetria Reversa (Vietnã)
Bombardeio de precisão em Missões de Apoio Tático e Suporte de Grande Envergadura	(-)	Coreia do Norte e do Sul (Estratégia do "Moedor de Carne") ^c	Vietnã do Sul (Operação Linebacker I ou Freedom Train) de 30/04 a 22/10/1972) ^a	Alta	Bipolaridade Confrontativa Indireta (Coreia) e Assimetria Reversa (Vietnã)
Bombardeio por área Convencional	Diversas Cidades na Europa e Ásia	Coreia do Norte e do Sul (Estratégia do "Moedor de Carne") ^c	(-)	Alta	Nenhum
Bombardeio por área com Emprego de Bombas Incendiárias e Munições Especiais (Fósforo Branco, Napalm, Bombas de Fragmentação, etc.)	Tóquio (Operação Meetinghouse 9 e 10/03/1945); Berlim (Batalha de Berlim- 24 e 25/03/1945); Dresden (Operação Clarion 13 a 15/02/1945)	Pyongyang (05 e 06/ 1953) ^c	(-)	Plena	Nenhum
Bombardeio por área Nuclear	Hiroshima (6/08/1945 e Nagasaki (9/08/1945)	(-)	(-)	Plena	Nenhum

Fonte: O autor.

Em 1952, uma série sequencial de sangrentos confrontos foram consumados com milhares de soldados mortos em ambos os lados, sem qualquer ganho estratégico considerável, enquanto a situação humanitária nas Coreias piorava a cada dia (cf. *The Korean War: Years of Stalemate*: <http://www.history.army.mil/brochures/kw-stale/stale.htm>). **As tropas chinesas e norte-coreanas sofriram com a permanente falta de suprimentos e materiais, considerando a péssima logística, fundada em linhas de suprimentos longas e sob constante ataques aéreos dos aliados ocidentais** (BARNOUIN, 2006).

O impasse continuou no início do ano de 1953. Cerca de **4.500 militares chineses morreram no cerco ao posto avançado americano de Harry**. Em *Kaesong*, mais 1.500 chineses foram mortos. Entre março e julho, perto de *Cheorwon*, forças norte-coreanas, chinesas, americanas, sul-coreanas e de outros países das forças da ONU se confrontaram em uma emblemática batalha que acabou em um impasse estratégico e com a morte de mais de 2 mil soldados.

A situação das forças comunistas prosseguia tensa devido à constante falta de suprimentos e as enormes perdas sofridas nos combates (MCWILLIAMS, 2004), enquanto nenhum dos dois lados era capaz de vencer uma batalha decisiva sobre o outro, as negociações, que já se prosseguiram há quase 24 meses, continuavam. Entre os obstáculos para a paz, o principal ponto residia na forma de como a troca dos prisioneiros de guerra seria feita (BOOSE JUNIOR, 2000). O problema era desafiante pelo fato de que quase dois terços dos prisioneiros da ONU haviam sido mortos após práticas desumanas de tortura sistemática por seus captadores norte-coreanos e mais da metade dos 130.000 prisioneiros chineses e norte-coreanos havia assinado documentos optando por não serem repatriados.

5 O CESSAR-FOGO E A GARANTIA DO STATUS QUO ANTE BELLUM

O Comando das Nações Unidas, apoiado pelos Estados Unidos, a Coreia do Norte e o governo chinês finalmente assinaram os termos do armistício em 27 de julho de 1953. Este acordo decretou um cessar-fogo imediato e garantias do *status quo*

ante bellum. A guerra oficialmente acabou neste dia. Porém, até os dias atuais, nenhum tratado de paz foi firmado entre as duas Coreias. O Norte, contudo, alega que venceu a guerra, não obstante uma substancial parcela de sua população ter sido dizimada durante o conflito.

Nenhum dos participantes conquistou todos os seus objetivos na Guerra da Coreia. Para os Estados Unidos, o acordo de armistício concretizou o propósito pelo qual o país entrara na guerra: ele negava o sucesso da agressão norte-coreana, mas, ao mesmo tempo, impedia a China, em um momento de grande fraqueza, de enfrentar uma superpotência nuclear, levando-a a uma posição de paralisia e obrigando-a a rejeitar maiores avanços. Isso preservou (embora apenas parcialmente) a credibilidade americana em proteger os aliados, mas ao custo de uma revolta aliada incipiente e da discórdia doméstica. (...)

Tampouco se pode dizer que Pequim atingiu todos os seus objetivos, pelo menos não em termos militares convencionais. Mao não triunfou em libertar toda a Coreia do 'imperialismo americano', como a propaganda chinesa alegou inicialmente. Mas ele entrara na guerra com objetivos mais amplos e em alguns aspectos mais abstratos, até românticos: testar a 'Nova China' com uma prova de fogo e purgar o que Mao percebia como sendo o caráter historicamente brando e passivo da China; provar para o Ocidente (e, em certa medida, para a União Soviética) que a China era agora uma potência militar e usaria a força para reivindicar seus interesses; assegurar a liderança chinesa do movimento comunista na Ásia; e empreender um ataque contra os Estados Unidos (que Mao acreditava estar planejando uma eventual invasão da China) em um momento percebido como oportuno. (...)

Nesse sentido mais amplo, a Guerra da Coreia foi algo mais do que um empate. Ela estabeleceu a recém-fundada República Popular da China como potência militar e centro da revolução asiática. Também determinou uma credibilidade militar que a China, como um adversário digno de se temer e respeitar, iria usufruir ao longo das diversas décadas seguintes. A lembrança da intervenção chinesa na Coreia iria mais tarde refrear significativamente a estratégia americana no Vietnã. Pequim triunfaria em usar a guerra e a propaganda associada de 'Resistir à América, Ajudar a Coreia' e a campanha punitiva para obtenção de duas metas centrais para Mao: eliminar a oposição doméstica à supremacia do Partido e instilar 'entusiasmo revolucionário' e orgulho nacional na população. (...) (KISSINGER, 2011).

Cerca de 75.000 prisioneiros chineses e norte-coreanos e 12.000 prisioneiros da ONU sobreviventes foram trocados com o fim das hostilidades.

Estima-se **um mínimo de 1,2 milhões** (LACINA, GLEDITSCH, 2005, p. 145-166), passando por fontes que indicam **1,8 milhões** (cf. CRS Report for Congress (CRS-3); American War and Military Operations Casualties, 2008) e algumas que mencionam **um máximo de 2,5 milhões, de civis** mortos na Guerra da Coreia.

Os termos do armistício acordaram a confecção de uma comissão internacional para assegurar que o acordo fosse cumprido. Desde 1953, a denominada “Comissão de Supervisão da Neutralidade das Nações” (NNSC), composta por membros das forças armadas da Suíça e da Suécia, monitoram a zona desmilitarizada (cf. *NNSC in Korea*; Swiss Armed Forces, International Command. Korea: <http://www.forsvarsmakten.se/en/Forces-abroad/Korea>).

6 CONCLUSÕES

Sobre as principais lições do conflito coreano, resta curioso observar o absoluto despreparo dos serviços de informação estadunidenses, que não lograram antecipar a estratégia soviética no Extremo Oriente de armar e treinar os exércitos da China e da Coreia do Norte, permitindo, ao primeiro, a vitória na guerra civil de 1949, e, ao segundo, suas pretensões de unificação do território coreano, sob sua bandeira.

Ademais, as pretensões norte-coreanas, com apoio inicial de 50.000 soldados chineses, - viabilizando somar ao exército norte-coreano de 132.000 homens um efetivo total de 182.000, quase o dobro das pouco equipadas e mal treinadas forças sul-coreanas de menos de 100.000 efetivos -, além de um planejado (porém, abortado pela presença da 7ª Frota Americana no estreito que separa a ilha do continente) ataque chinês a Taiwan, não foram antecipados, em suas reais dimensões, pelos EUA.

Diagrama 3 - Efetivos, Baixas em Combate e Custos Econômicos dos Conflitos Armados (EUA).

Diagrama 3: Efetivos, Baixas em Combate e Custos Econômicos dos Conflitos Armados (EUA)								
Conflito Armado _s :	Guerra Civil	Primeira Guerra Mundial	Segunda Guerra Mundial	Guerra da Coreia	Guerra do Vietnã	Primeira Guerra do Golfo	Segunda Guerra do Golfo (Guerra do Iraque)	Guerra do Afeganistão
Período	1861-65	1917-18	1941-45	1950-53	1964-75	1991	2003-11	2001-14
Duração Temporal do Conflito (meses)	48	19	45	37	121	1 _C	106	159
Efetivo Ativo Máximo	975.000 _I (1863)	2.897.167 _T (1918)	12.124.418 _T (1945)	3.685.054 _T (1952)	3.547.902 _T (1968)	2.198.189 _S (1991)	1.580.255 _U (2009)	1.580.255 _U (2009)
Efetivo Mobilizado (participante)	3.900.231 _I	4.734.991 _S	16.112.566 _S	5.720.000 _S	8.744.000 _S	2.225.000 _S	+1.000.000 _K	831.576 _L
Efetivo Máximo em Ação	3.855.000 _I	1.000.000 _M	4.000.000	300.000 _D (326.863) _H	540.000 _E	540.000 _N	208.000	68.000 _B
Total de Mortos	498.332 _S (748.000) _V	116.516 _S	405.399 _S	36.574 _S	58.220 _S	192 (383) _S	4.412 _S	2.351 _S
Total de Feridos	281.881 _S	204.002 _S	671.846 _S	103.284 _S	303.644 _S	467 _S	31.951 _S	20.068 _S
Total de Civis Mortos _F	50.000 (352.000)	6.821.248 _O (13.000.000)	30.497.000 _P (58.500.000)	1.800.000 (2.500.000)	587.000 _Q (4.000.000)	5.564 _A (10.000)	66.000 (106.000)	34.000 (174.000) _J
Custo (US\$ bilhões)	20,1 _R (5,0/ano)	334 _R (210,9/ano)	4.104 _R (1.094,4/ano)	341 _R (110,6/ano)	738 _R (73,2/ano)	61 _R (61,0/ano)	823,8 _J (93,3/ano)	718,6 _J (54,2/ano)

Fonte: O autor.

Muito embora a URSS não contasse, à época, com poder militar e econômico para um confronto direto com Washington, Moscou soube muito bem manobrar não somente com a **envergadura dos seus exércitos** (não totalmente desmobilizados após o fim da Segunda Guerra Mundial), mas, particularmente, com uma **política diplomática** artilosa e propositalmente **dúbia e dissimulada**, ainda que alguns estudiosos, em sentido diverso, concluam que Stalin tenha sido o verdadeiro “perdedor” do conflito coreano.

Stalin estava certo quanto a sua previsão estratégica, mas errou gravemente em avaliar as consequências. A dependência chinesa da União Soviética era uma faca de dois gumes. O rearmamento da China empreendido pela União Soviética, no fim das contas, encurtou o tempo em que a China seria capaz de agir por conta própria. O cisma sino-americano que Stalin promovia não levou a uma melhoria das relações sino-soviéticas, tampouco reduziu a opção titoísta chinesa. Pelo contrário, Mao calculou que podia desafiar ambas as superpotências simultaneamente. Os conflitos americanos com a União Soviética eram tão profundos que Mao julgou não precisar pagar qualquer preço pelo apoio soviético na Guerra Fria; na verdade, achou que poderia usar isso como uma ameaça mesmo sem sua aprovação, como fez em inúmeras crises subsequentes. Começando com o encerramento da Guerra da Coreia, as relações soviéticas com a China se deterioraram. (...) (KISSINGER, 2011).

Em necessária adição informativa histórica, resta registrar, por oportuno, que, em abril de 1975, a capital do Vietnã do Sul (Saigon) foi capturada pelo exército norte-vietnamita, encerrando o conflito no Sudeste da Ásia com a vitória do Vietnã do Norte. Encorajado pelo

sucesso do comunismo na Indochina, o ditador norte-coreano, Kim Il-Sung, interpretou o episódio como uma nova oportunidade de conquistar o sul da sua península. Kim visitou a China em abril daquele ano e se encontrou com Mao Tse Tung e com Zhou Enlai, pedindo ajuda para uma futura incursão militar. Apesar das expectativas de Pyongyang, Pequim deixou claro que, com sua nova política distensiva com os EUA, iniciada com a histórica visita de Nixon em fevereiro de 1972, não tinha qualquer interesse em entrar em outra guerra na Coreia (cf. RIA CHAE; *NKIDP e-Dossier No. 7: East German Documents on Kim Il Sung's April 1975 Trip to Beijing*, North Korea International Documentation Project, Woodrow Wilson International Center for Scholars).

Vale lembrar, por fim, que desde o armistício de 1953, houve vários desentendimentos e atos de agressão entre os dois países. Em 1976, dois soldados americanos foram mortos por norte-coreanos na zona desmilitarizada. Desde 1974, quatro túneis usados por norte-coreanos foram descobertos, sendo correto concluir que todos os túneis serviam de passagem para o sul. Em 2010, um submarino norte-coreano torpedeou e afundou uma corveta sul-coreana, o ROKS Cheonan, resultando na morte de 46 marinheiros (cf. North Korean Torpedo sank South's Navy Ship: <http://www.bbc.co.uk/news/10129703>) e, ainda em 2010, a Coreia do Norte disparou vários tiros de artilharia contra a ilha de Yeonpyeong, matando dois militares e dois civis sul-coreanos (JACK KIM e JAE-WON LEE; North Korea Shells South in Fiercest Attack in Decades).

Diagrama 4 - Comparação entre Elementos Limitadores do Emprego da Força Militar nas Guerras da Coreia e Vietnã.

Diagrama 4: Comparação entre Elementos Limitadores do Emprego da Força Militar nas Guerras da Coreia e Vietnã		
	Bipolaridade Confrontativa Indireta	Assimetria Reversa
	↓	↓
Conflito	Coreia (1950-53)	Vietnã (1964-75)
Duração Temporal do Conflito	37 meses	121 meses
Efetivo Máximo Empregado	EUA: 300.000 Outros: 45.000	EUA: 540.000 Outros: 66.511
Países Componentes da Coalizão	ONU(16): EUA, Canadá, Reino Unido, Austrália, Nova Zelândia, Colômbia, Etiópia, França, Grécia, Holanda, África do Sul, Turquia, Tailândia, Filipinas, Bélgica, Luxemburgo.	ANZUS (2) ^Δ Austrália, Nova Zelândia e EUA. SEATO (3) ^Δ EUA, Tailândia e Filipinas, além da Coreia do Sul e Taiwan.
Fases do Conflito e Elemento Limitador Preponderante	1ª Fase (07/1950 a 04/1951): Nenhuma 2ª Fase (05/1951 a 12/1952): Bipolaridade Confrontativa Indireta 3ª Fase (01/1953 a 07/1953): Bipolaridade Confrontativa Indireta	1ª Fase (1964-68): Bipolaridade Confrontativa Indireta 2ª Fase (1968-75): Assimetria Reversa
Emprego Intensivo de Artilharia	Introduzido pelo Gen. MATTHEW a partir da 2ª Fase do Conflito	Introduzida (de forma inovadora) desde o Início do Conflito através das Chamadas "Bases de Artilharia"
Emprego de Bombardeiros Pesados em Missões de Apoio Tático e Suporte a Tropas Terrestres	B-29 (Estratégia do "Moedor de Carne")	B-52 (Operação Niágara- 1968), na proteção à base de Khen San
Emprego de Bombardeiros por área contra Cidades	B-29 (Bombardeio a Pyongyang- 1953), com bombas incendiárias ^c	B-52 (Operação Linebacker II- 1972), com restrições operacionais para alvos militares e industriais em Hanói e Haiphong
Superioridade Aérea	Existente durante todo o conflito, porém desafiada com a surpresa tecnológica do MiG-15 até a introdução do F-86A (índice médio de letalidade de 10x1).	Precária, particularmente até 1967 com a introdução do F-4E provido de melhorias tecnológicas e canhão interno de 20 mm (índice médio de letalidade 2,1x1)
Supremacia Aérea	Obtida parcialmente na 3ª Fase do conflito com a introdução do F-86F	Obtida, parcialmente, apenas a partir de 1972.
Conflito Interno Preponderante	1ª Fase: Militares (MACARTHUR) x Poder Civil Executivo (TRUMAN) 2ª Fase: Militares (RIDGWAY) x Poder Civil Executivo (TRUMAN) 3ª Fase: (Inexpressivo)	1ª Fase: Militares x Poder Civil Executivo (JOHNSON/MACNAMARA) 2ª Fase: Poder Civil Executivo (NIXON/FORD) x Congresso Nacional
Emprego de Helicópteros de Transporte	Utilização originária, porém ainda embrionária	Introduzido (de forma inovadora) desde o início da guerra

Fonte: O autor.

REFERÊNCIAS

BARNOUIN, B. **Zhou Enlai: A Political Life**. Hong Kong: Chinese University Press, 2006.

BOOSE, JR., D. W. **Fighting While Talking: The Korean War Truce Talks**, 2000.

CHAE, R. **NKIDP e-Dossier Nº. 7: East German Documents on Kim Il Sung's April 1975 Trip to Beijing**. North Korea International Documentation Project, Woodrow Wilson International Center for Scholars. 1975.

CHINESE Troops Enter North Korea. Disponível em: <http://teachingamericanhistory.org/static/nch/interactives/timeline/data/102550.html>. Acesso em: 27 fev. 2017.

CROUCH, T. **Asas**. Rio de Janeiro: Record, 2008.

CRS REPORT for Congress (CRS-3). American War and Military Operations Casualties, 2008.

FRIEDRICH, J. **Yalu**. Rio de Janeiro: Record, 2011.

GONCHAROV, S. N.; LEWIS, J. W.; LITAI, X. **Uncertain Partners: Stalin, Mao, and the Korean War**. Redwood: Stanford University Press, 1993.

HALBERSTAM, D. **The coldest winter: America and the Korean War**. Nova Iorque: Hyperion, 2007.

ISBY, D. C. **Fighter Combat in the jet age**. Nova Iorque: Harper Collins, 1997.

JIAN, C. **Mao's China and the Cold War**. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 2001.

KIM, J.; LEE, J. North Korea Shells South in Fiercest Attack in Decades. **Reuters**. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-korea-north-artillery/north-korea-shells-south-in-fiercest-attack-in-decades-idUSTRE6AM0YS20101123>. Acesso em: 23 nov. 2010.

KISSINGER, H. **Sobre a China**. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2011.

KOLB, R. In Korea we whipped the Russian Air Force. In: UFW Magazine: veterans of foreign wars. Washington DC, 1999.

THE KOREAN War: Years of Stalemate: Disponível em: <http://www.history.army.mil/brochures/kw-stale/stale.htm>. Acesso em: 27 fev. 2017.

LACINA, B.; GLEDITSCH, N. P. **Monitoring Trends in Global Combat: A New Dataset of Battle Deaths**. European Journal of Population, n. 21, 2005.

MANCHESTER, W. **American Caesar: Douglas MacArthur 1880-1964**. Boston: Little, Brown and Company, 1978.

MCWILLIAMS, B. **On Hallowed Ground: the last battle for Pork Chop Hill**. Annapolis: Naval Institute Press, 2004.

MOSSMAN, B. C. **Ebb and Flow**. November 1950 - July 1951. Washington DC: United States Army in the Korean War, Center of Military History. 1990.

NNSC in Korea. Swiss Armed Forces, International Command. Korea: Disponível em: <http://www.forsvarsmakten.se/en/Forces-abroad/Korea>. Acesso em: 27 fev. 2017.

NORTH KOREAN Torpedo sank South's Navy Ship: Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/news/10129703>. Acesso em: 27 fev. 2017.

STEWART, R. W. **The Korean War: The Chinese Intervention**. Washington DC: U.S. Army Center of Military History, 2015.

STOKESBURY, J. L. **A Short History of the Korean War**. Nova Iorque: Harper Perennial, 1990.

VARGAS, A. O Conflito que Quase Deu Início à Terceira Guerra. **Aeromagazine**, São Paulo, 2012.

WERREL, K. **Sabres over MIG Alley: The F-86 and the Battle for Air Superiority in Korea**. Annapolis: Naval Institute Press, 2005.

ZHANG, S. G. **Mao's Military Romanticism: China and the Korean War, 1950-1953**. Lawrence: University Press of Kansas, 1995.

ZHIHUA, S. China and the Dispatch of the Soviet Air Force: The Formation of the Chinese-Soviet-Korean Alliance in the Early Stage of the Korean War. **The Journal of Strategic Studies**, vol. 33, n. 2, 2010.

Gestão do Patrimônio dos Imóveis militares: uma contribuição sobre a literatura pertinente

Military Property Management: a contribution to the relevant literature

Gestión de la propiedad militar: una contribución sobre la literatura relevante

Thais Yamamoto¹

RESUMO

Este artigo se propõe a levantar como ocorre o processo de gestão do patrimônio militar, em especial dos terrenos na Aeronáutica. A metodologia escolhida foi a revisão de literatura. Foram pesquisados os autores e levantadas as legislações e os normativos que abordaram temas tangentes à gestão do patrimônio e à questão dos espaços militares. O interesse em relação à temática surgiu devido a este tema se constituir de uma pesquisa em desenvolvimento que estuda melhores soluções para a gestão de terrenos no âmbito da Aeronáutica. A finalidade deste artigo é corroborar com estudos similares ao tema, esclarecer e contribuir para divulgar aspectos relativos a esta temática que se mostra específica e pouco explorada.

Palavras-chave: Gestão do Patrimônio Militar. Terrenos Militares. Brasil. Forças Armadas. Aeronáutica.

ABSTRACT

This article is intended to examine how the military heritage management process occurs, especially the lands at the Air Force. The literature review was chosen as the research methodology. The study was based on theoretical background provided by authors' books and laws and regulations which dealt with subjects related to heritage management and military space. The interest on the theme came up because there has been a study being carried in which this issue is being addressed. Such study is designed to find out

more effective solutions for land management within the scope of Aeronautics. The purpose of this article is to support studies which are similar to the theme to clarify and contribute with the dissemination of aspects related to this subject, which is specific and not explored enough.

Keywords: Military Heritage Management. Military lands. Brazil. Armed forces. Aeronautics.

RESUMEN

Este artículo se propone estudiar como ocurre el proceso de gestión del patrimonio militar, especialmente en los terrenos de la Fuerza Aérea. La metodología elegida fue la revisión de la literatura. Los autores fueron investigados y sometidos a las leyes y reglamentos que abordaban cuestiones relacionadas con la gestión del patrimonio y la cuestión de los espacios militares. El interés en relación con el tema surgió debido a que este tema es una investigación en desarrollo que estudia mejores soluciones para la gestión de los terrenos en el campo de la Fuerza Aérea. El propósito de este artículo es corroborar con estudios similares al tema, aclarar y contribuir para difundir aspectos relacionados con este tema, que es específico y poco explorado.

Palabras clave: Gestión del patrimonio militar. Terrenos militares. Brasil. Fuerzas Armadas. Fuerza Aérea.

I. Caixa de Financiamento Imobiliário da Aeronáutica (CFIAe) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. 1º Ten QOCON da Força Aérea Brasileira (FAB). Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: yamamototy@fab.mil.br

Recebido: 10/10/19

Aceito: 28/11/19

1 INTRODUÇÃO

As questões gerenciais relativas ao patrimônio militar são de interesse público e disseminar a forma de gerenciá-las permite contribuir para o esclarecimento e a melhoria desse processo. Existem poucos estudos na bibliografia brasileira sobre este assunto específico e as informações acabam permanecendo no âmbito do conhecimento específico dos profissionais envolvidos na prática cotidiana desse assunto. Os estudos existentes encontrados mais próximos desse tema são voltados para a questão do patrimônio cultural militar e para sua relevância histórico-cultural. Acreditamos que o entendimento sobre a forma como acontece o gerenciamento do patrimônio militar, em especial dos terrenos que estão sob esta guarda, merecem ser divulgados, na medida em que, como abordam as relações existentes da tríade União, Forças Armadas e sociedade civil, acerca do uso patrimonial, constituem interesse público.

Num primeiro momento, descreve-se uma visão geral e “macro” da questão dos imóveis militares nas Forças Armadas, para melhor introduzir e situar o leitor ao tema que possui características únicas em relação a outros órgãos públicos. Devido às características específicas de Exército, Marinha e Aeronáutica, houve necessidade de recorte na pesquisa. Com isso, foi definido o âmbito da Aeronáutica para especificar melhor o processo de gestão patrimonial. Espera-se com este artigo corroborar com estudos similares ao tema, esclarecer e contribuir para divulgar aspectos relativos a esta temática que se mostra específica e pouco explorada.

2 A GESTÃO DO PATRIMÔNIO MILITAR

Os espaços militares são um tema bastante específico, que foi abordado pelo autor Da Nobrega (2006):

Os espaços militares têm uma grande força de permanência, num sentido comparável a das instituições religiosas e seus edifícios, bem como uma lógica espacial subordinada a seus interesses e objetivos particulares. Foram esses elementos que orientaram onde e como determinadas áreas da cidade passaram a ser incorporadas para o desenvolvimento de suas atividades. (op. cit., p. 2).

Esta força de permanência, citada por Da Nobrega (2006), compreende os bens como parte de um patrimônio nacional que, apesar de possuir fins específicos de uso, faz parte de um bem maior: o da nação brasileira.

Segundo os autores Pereira, Júnior Minari e Craveiro (2017), os bens imóveis que são destinados a atender às demandas militares possuem caráter de defesa nacional, conforme passagem:

Os bens imóveis destinados a atender às demandas militares, ao desempenharem seu desiderato de defesa nacional, estarão, ao fim e ao cabo, contribuindo para a soberania nacional, fundamento primeiro da República Federativa do Brasil consoante expressamente consta da Constituição de 1988. (op. cit.).

Ambos os autores expressam em suas passagens a importância e a representatividade dos imóveis militares no contexto nacional, bem como a contribuição da gestão desses bens públicos para a atividade soberana das Forças Armadas. Neste sentido, concordamos com esses autores que esta nobre atribuição é atribuída a um patrimônio público ao ser destinado às Forças Armadas e reforçamos a importância do seu gerenciamento.

Uma característica essencial do bem patrimonial militar é ser um bem público. Sendo assim, o patrimônio militar se insere no âmbito público e precisa se guiar por todas as normas jurídicas deste contexto, além das normas militares específicas aliadas a cada instituição das Forças Armadas. Neste entendimento de bem público, destacamos a passagem abaixo:

Qualquer pessoa tem o direito de utilizar as diversas formas de um bem público: passear em um parque, andar nas ruas e praças, caminhar numa praia. Da mesma forma, as pessoas têm o dever de preservar estes bens para uso comum da coletividade. (BRASIL, 2018, p. 16).

Neste sentido, aos bens públicos é conferida a possibilidade de utilização livre do povo. Para a autora Braga (2007), a gestão do bem público não ocorre de maneira homogênea em relação aos níveis de poder “especialmente no que concerne à intervenção na propriedade e à atuação nos domínios econômicos.” Para esta autora, a União é responsável pela tarefa de legislar em relação ao direito de propriedade, e por tomar medidas de policiamento administrativo e condicionar o uso da propriedade “ao bem-estar social e de ordenamento das atividades econômicas” nos estados e municípios, nos limites das normas instituídas. Com isso, a União é protagonista em legislar sobre o gerenciamento desse patrimônio público.

O trabalho de Pereira (2017) defende que a atuação das Forças Armadas se insere num contexto de segurança nacional e da defesa nacional, “[...] as quais perfazem o carro-chefe da garantia de soberania[...]”. Com isso, as Forças Armadas teriam um prestígio no poder constituinte originário, pois elas teriam “[...] como escopo constitucionalmente definido a defesa de valores primordiais à própria existência do Estado Brasileiro[...]”. Esse entendimento é um dos fatores que justificam as Forças Armadas possuírem tantas especificidades em relação aos outros órgãos públicos. Não é finalidade deste

artigo se aprofundar no contexto da Política Nacional de Defesa (PND), que assegura as ações de defesa do país, mas frisar o entendimento de que esta política é diretriz para a forma que as Forças Armadas gerenciarão suas organizações e justificarão suas ações. Outro viés importante destacado por esta autora é a função social dos imóveis militares. A partir do momento em que este imóvel está atendendo a defesa nacional, ele estaria vinculado a uma função social. O trabalho de Pereira (2017) conclui ainda que “há possibilidade de se harmonizar os interesses militares com aqueles ligados à função social da propriedade pública.”

Ainda sob a égide do autor Pereira (2017), cabe ressaltar que os valores dos recursos públicos do Estado destinados às instituições públicas de defesa são limitados e, por vezes, insuficientes para aparelhar de maneira satisfatória as Forças Armadas. A atual conjuntura econômica brasileira, repleta de cortes orçamentários, impacta diretamente no orçamento e na gestão desses recursos. Isso também influencia na forma como as instituições das Forças Armadas gerenciarão seu patrimônio e priorizarão as ações relacionadas a este tema.

No que diz respeito ao ordenamento jurídico, as leis representaram a principal diretriz para esse gerenciamento. E cabe à União o papel de iniciar o processo para que um imóvel público possa ser incorporado ao domínio das Forças Armadas.

Uns dos exemplos de função social atrelada ao patrimônio militar são os Próprios Nacionais Residenciais (PNRs), conhecidos como vilas militares, que existem nas instituições das Forças Armadas. Eles são constituídos de unidades residenciais, podendo ser casas ou apartamentos construídos pelas respectivas instituições militares para servirem de moradia a famílias de militares na ativa. Esse é o exemplo mais fácil de perceber na prática, mas não o único. Na cidade do Rio de Janeiro, os espaços com valores históricos e culturais militares abertos ao público, como a Ilha Fiscal, da Marinha, o Museu Aeroespacial, da Aeronáutica, o Forte de Copacabana, do Exército, também são alguns exemplos de patrimônio militar no atendimento das funções sociais. Porém, o patrimônio militar não se atrela às funções sociais apenas no que diz respeito às edificações culturais.

As Forças Armadas possuem meios legais para utilização de seus imóveis por terceiros, sendo esses meios conhecidos por “instrumentos de destinação”, os quais definem o uso do imóvel militar para fins específicos. Ao longo desse artigo, serão conhecidos os instrumentos utilizados no âmbito da Aeronáutica. Neste momento, destacamos, com os exemplos supracitados, a existência da função social exercida por meio do patrimônio militar.

Defendemos neste artigo que a função social das Forças Armadas vai além do fato de estar vinculada à defesa nacional e que essa possibilidade de harmonização, citada por Pereira (2017), existe no campo teórico e jurídico. Conforme Lei Complementar (LC) nº 97 de 1999, o artigo 16 prevê, como atribuição subsidiária, a cooperação das Forças Armadas com o desenvolvimento nacional e a com a defesa civil. Além disso, a participação das Forças Armadas muitas vezes alcança campanhas institucionais de utilidade pública ou de interesse social. Neste sentido, uma das funções das Forças Armadas é, inclusive, cooperar com o desenvolvimento do país, o que institucionaliza a sua função social em conjunto com a defesa da pátria. Visto isso, o patrimônio militar está alinhado aos interesses públicos e possui forte ligação com as funções sociais. Isso se refletirá no conteúdo dos instrumentos de uso público que serão abordados neste artigo.

Contudo, cabe a este estudo, primeiramente, esclarecer o que são de fato as Forças Armadas e como lidam com a gestão de seu patrimônio. Além disso, contribuir para divulgação de um viés pouco explorado e, diríamos, muito pouco conhecido pelo seu maior interessado e beneficiário: o público em geral.

As Forças Armadas, constituídas pelo Exército, Marinha e Aeronáutica, se organizam em estruturas gerenciais e físicas complexas, sendo que cada Instituição possui formas de organização própria para atingir suas finalidades precípua. As estruturas físicas das Forças Armadas fazem parte de seu patrimônio e constituem bens públicos que necessitam ser gerenciados.

A abordagem desse tema pretende esclarecer, à luz dos aspectos legais, alguns conceitos sobre a forma de utilização desses imóveis dentro das Forças Armadas, em especial a questão dos terrenos militares. Esse entendimento torna-se necessário na medida em que o processo de gerenciamento (posse, comercialização, manutenção, usabilidade regular) entre os imóveis militares distinguem-se amplamente dos terrenos particulares.

Entendemos que o Exército, a Marinha e a Aeronáutica possuem particularidades e complexidades diferenciadas em relação a como executam a gestão dos seus respectivos patrimônios. A fim de abordar essa percepção serão apresentados neste artigo os aspectos gerais dos bens públicos, comuns às Forças Armadas. Após esse entendimento, serão explanados alguns aspectos específicos relacionados às formas de gerenciamento dos imóveis sob gestão da Aeronáutica, com a finalidade de detalhar e aprofundar os estudos sobre a temática proposta.

A definição de imóveis militares, segundo os autores Pereira, Júnior Minari e Craveiro (2017, n.p),

“são áreas destinadas pela União ao atendimento das necessidades militares, bens públicos de uso especial.” Esses autores explicam que os imóveis militares, quando não estão sendo usados diretamente em atividade operacional de defesa, por vezes podem ser aproveitados em alienações mediante permuta por obras necessárias à modernização das Forças Armadas, conforme necessidade de defesa da pátria e que todos os imóveis das Forças Armadas têm destinação pública, com afetação militar, até mesmo quando usados em permutas para reaparelhamento das Forças.

O conceito de afetação é abordado por esses autores e pela doutrina majoritária, que o entendem como a conferência de uma destinação pública a determinado bem. Para entendimento do conceito de alienação e permuta, é necessário compreender algumas características dos bens públicos, pois esses conceitos estão inseridos em uma área maior: as do uso do patrimônio público. Os aspectos jurídicos nos permitem alcançar um entendimento completo sobre as categorias e especificidades dos bens públicos.

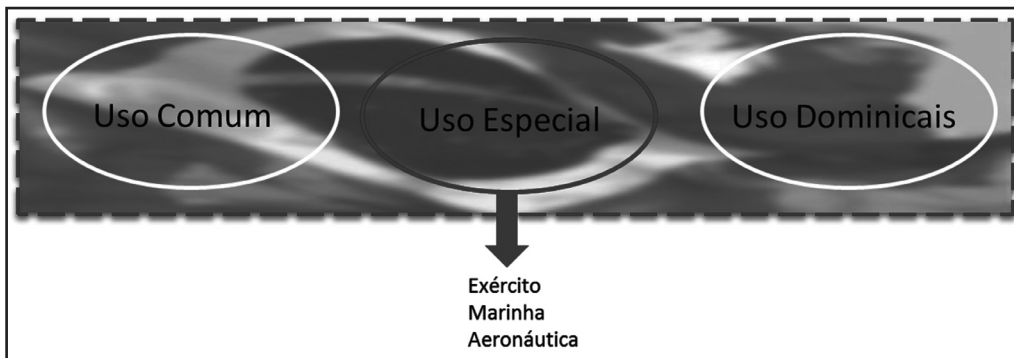
O Código Civil Brasileiro, no seu artigo 98, define bens públicos como sendo: [...] “todos os bens aos quais pertençam as pessoas jurídicas de direito interno” [...]. O artigo 99, seguinte, classifica a destinação dos bens públicos. O mesmo divide em três categorias quanto ao uso: Bens Públicos de Uso Comum, destinados ao uso indistinto de todos, como exemplo: mares, ruas, estradas, praças, etc. Bens Públicos de Uso Especial, que são os afetados para um serviço ou estabelecimento público, locais onde se realiza atividade pública ou onde está à disposição dos administrados um serviço público, como teatros, universidades, museus e outros abertos à visitação pública. Bens Públicos Dominicais ou dominiais que são próprios do Estado como objeto de direito real, não aplicados nem ao uso comum, nem ao uso especial, tais os terrenos ou terras em geral, sobre os quais têm senhoria, à moda de qualquer proprietário, ou que, do mesmo modo, lhe assistam em conta de direito pessoal.

A Figura 1, abaixo, sintetiza o Uso dos Bens Públicos explicitados no parágrafo anterior:

Para Pereira (2017), os bens de uso especial possuem a característica de aparelhamento e execução de atividades estatais, sendo “indispensáveis à prestação e funcionamento do serviço administrativo e ao serviço público em geral.” Os bens públicos de uso especial possuem características entendidas por meio das leis: Constituição Federal (CF/1988) e Código Civil (2002). Conforme essas leis, os bens públicos possuem as seguintes características:

- **Impenhoráveis** (art. 100, CF/1988) – não podem ser penhorados para pagamentos de dívidas. Ou seja, não se constituem direitos reais de garantia, pois não é permitido qualquer oneração.
- **Imprescritibilidade** – “os imóveis públicos não serão adquiridos por usucapião”. (art.183, parágrafo 3º e art. 191, parágrafo único da CF/1988). Assim como o artigo 102 do Código Civil que descreve: “Os bens públicos não estão sujeitos a usucapião”. Com isso, não cabe aquisição da propriedade dos bens públicos, por meio de uma posse prolongada.
- **Inalienabilidade ou alienabilidade** – expressamente descrito no Código Civil em seu artigo 100, “Os bens públicos de uso comum do povo e os de uso especial são inalienáveis, enquanto conservarem a sua qualificação, na forma que a lei determinar”. É aberta uma exceção a esta regra para os bens públicos dominicais. “Os bens públicos dominicais podem ser alienados, observadas as exigências da lei.” (art. 101, CC/2002).

Figura 1 - Classificação quanto ao Uso dos Bens Públicos.



Fonte: O autor.

Os bens públicos são administrados e zelados pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU), que está ligada ao Ministério da Economia. Cabe ressaltar que a mudança da SPU para a pasta do Ministério da Economia ocorreu recentemente e este órgão está em processo de mudanças que podem ocorrer ao longo dos próximos anos. Atualmente, entre as competências da SPU incluem-se, entre outras, a incorporação e regularização do domínio dos bens; sua adequada destinação; além do controle e da fiscalização dos imóveis. (BRASIL, 2019).

Segundo o Manual de Fiscalização da SPU (2018), as terras destinadas ao Exército, à Marinha e à Aeronáutica e os edifícios ou terrenos destinados ao serviço ou estabelecimento da administração pública são considerados bens de uso especial. Os bens públicos de uso especial são utilizados pela administração pública para a realização de suas atividades e consecução de seus fins. Neste caso, a população pode utilizar o bem público de forma específica e restrita. Os bens públicos de uso especial são gerenciados pela Instituição (Exército, Marinha e Aeronáutica) que lhe foi destinada.

Segundo o Código Civil (2002), artigos 79 e 82, os bens são definidos como móveis e imóveis. Este estudo limita-se aos bens imóveis, ao qual são [...] “o solo e tudo quanto se lhe incorporar natural ou artificialmente.”

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), também vem a definir, mais detalhadamente, este conceito em sua norma técnica sobre avaliação de imóveis, no item 3.25:

Imóvel – Bem constituído de terreno e eventuais benfeitorias a ele incorporadas. Pode ser classificado como urbano ou rural, em função da sua localização, uso ou vocação. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 4).

Com isso, na abordagem da palavra imóvel, estão inclusas além do terreno, as benfeitorias que dentro dele existem. Grande parte dos terrenos da Aeronáutica possuem edificações que atendem a finalidade administrativa da instituição, mas existem também terrenos vazios que foram destinados para alguma finalidade. Como visto anteriormente, os imóveis de uso especial sempre são destinados a uma finalidade específica, devendo seguir um uso pré-estabelecido.

Antes de adentrar nas especificidades da esfera militar aeronáutica, é pertinente compreender como funciona a destinação dos bens da União, pois é onde

se inicia o processo administrativo de destinação de um imóvel para as Forças Armadas. Existem instrumentos legais que visam garantir os direitos dos bens públicos objetivando alinhar seu uso ao interesse público:

Os direitos de utilização dos bens imóveis da União, sejam construções, terras, águas ou florestas públicas podem ser destinados pela Secretaria do Patrimônio da União (SPU) a agentes públicos ou privados, visando efetivar a função socioambiental desse patrimônio, em harmonia com os programas estratégicos para a nação. (BRASIL, 2018, p. 28).

A destinação de um imóvel público é gerenciada pela Secretaria de Patrimônio da União (SPU). Os instrumentos legais utilizados para realização das destinações dos imóveis públicos para os agentes públicos e privados possuem cada um deles características bem definidas. Esta pesquisa aborda esses instrumentos, com objetivo de esclarecimento do tipo de relação de posse existente entre os bens públicos de uso especial das Forças Armadas, e a União. São eles: Aforamento, Alienação, Autorização de Uso, Cessão de Uso Gratuita, Cessão de Uso Onerosa, Cessão em Condições Especiais, Cessão Provisória, Concessão de Direito Real de Uso (CDRU), Concessão de Uso Especial para fins de Moradia (CUEM), Permissão de Uso, Termo de Autorização de Uso Sustentável (TAUS) e Transferência. A seguir serão descritos os tipos de relação de posse, definidos pelo Manual da Secretaria do Patrimônio da União (BRASIL, 2018). Foram grifadas as partes que consideramos merecedoras de destaque em relação às destinações de uso dos imóveis públicos. Nota-se que um ponto em comum entre elas é o fato de estarem vinculadas a algum interesse público e serem realizadas por meio de algum instrumento contratual.

- **Aforamento** - é um contrato por meio do qual a União atribui ao particular 83% do domínio de determinado imóvel, o denominado “domínio útil”, e mantém os 17% restantes, o “domínio direto”. Esse instrumento é utilizado nas situações em que coexistem a conveniência de destinar o imóvel e, ao mesmo tempo, manter o vínculo da propriedade. O instituto jurídico do aforamento é conhecido como enfiteuse. A concessão do aforamento pode ser gratuita ou onerosa (paga). Os critérios para concessão são determinados em leis e estão detalhados na IN n° 03/2016. Os foreiros, isto é,

aqueles que têm contrato de aforamento com a União, devem recolher anualmente o foro, uma espécie de receita patrimonial. Entretanto, há a possibilidade de isenção desse pagamento para as famílias de baixa renda, no caso, aquelas que tenham renda familiar de até cinco salários-mínimos.

- **Alienação e permuta** – basicamente esses instrumentos são utilizados quando o imóvel não possui vocação para outras destinações de interesse público. O SPU explica que a venda pode ser realizada conforme a previsão legal da Lei 13.240, de 2015. Ela ainda pode ser realizada como instrumento de regularização fundiária. A previsão legal da permuta (troca) é definida pelo artigo 30, Lei 9.636 de 1998 e pelos artigos 17, I, e 24, X, da Lei 8.666, de 1993. É preconizada, na permuta, a equivalência de valores dos imóveis envolvidos.
- **Doação** – pode ser realizada em duas situações: para fins de habitação ou para empreendimentos sociais de caráter permanente. No primeiro caso, será preferencialmente em áreas de ocupação consolidada, com infraestrutura instalada e operante, para regularização fundiária de famílias de baixa renda. O segundo compreende doação, por exemplo, para instituições de ensino e pesquisa; instituições de saúde; sistema viário e praças (Previsão legal: art. 10, da Lei nº 4.504, de 1964).
- **Cessão de uso gratuita** – autoriza o uso de imóvel da União em condições definidas em contrato. Ela será utilizada nas situações em que houver o interesse em manter o domínio da União sobre o imóvel, mas haja interesse em destinar o imóvel para utilização de entidade que exerça atividade de interesse público comprovada. É o caso de destinação de imóveis para Municípios ou Estados para utilização em atividades públicas.
- **Cessão de uso onerosa** – é realizada para imóveis que possuem atividades “lucrativas ou a ações de apoio ao desenvolvimento local, como comércio, indústria e turismo.” (BRASIL, 2018, p. 30, grifo do autor).
- **Cessão em condições especiais e provisória** – utiliza-se para contratos específicos. A SPU exemplifica: “audiência pública e a elaboração de plano de intervenção (como instrumento de gestão); a prestação de serviços, como reforma e manutenção do imóvel; a implantação de melhorias, benfeitorias e recuperação”. A cessão provisória deve ser utilizada em casos de urgência ou alguma inconsistência documental. Sua previsão legal pode ser encontrada no artigo 11, §3º, do Decreto-Lei nº 3.725, de 2001.
- **Concessão de direito real de uso (CDRU)** – esta concessão é um contrato administrativo que transfere direitos reais de propriedade. Pode ser utilizada em terrenos de marinha, áreas vazias destinadas à provisão habitacional, áreas de conflito imobiliário ocupadas, fins comerciais e segurança da posse de comunidades tradicionais (fins protetivos). É uma alternativa à Concessão de Uso Especial para fins de Moradia – CUEM.
- **Cessão de uso especial para fins de moradia – CUEM** – esta cessão possui uma peculiaridade de data, pois prevê para outorga apenas para aquele que, “até 30 de junho de 2001, possuir como seu, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição: até 250 m² do imóvel público situado em área urbana, utilizando-o para sua própria moradia ou de sua família”. A SPU explica que sua previsão legal é através da MP nº 2.220, de 2001, e da Lei 11.481, de 2007, (que alterou a redação da Lei nº 9.636, de 1998) que visa regularizar a ocupação de áreas públicas urbanas com fins de moradia.
- **Permissão de uso** – constitui um ato unilateral e discricionário da União dando permissão para usufruir de um bem por prazo determinado (três meses, prorrogável por igual período). Utilizado, na prática, para autorizar a realização do evento de curta duração, de natureza recreativa, esportiva, cultural, religiosa ou educacional.
- **Termo de autorização de uso sustentável – TAUS** – instrumento provisório da SPU específico para comunidades tradicionais que se utilizam dos recursos naturais disponíveis na orla marítima e fluvial. Sua regulamentação está prevista e regulamentada pela Portaria SPU nº 89, de 15 de abril de 2010.
- **A transferência de domínio** é um instrumento destinado à reforma agrária e a projetos de assentamentos. A transferência se assemelha a uma doação e é realizada para o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra). Como referência legal, tem-se a Lei 13.465, de 2017.

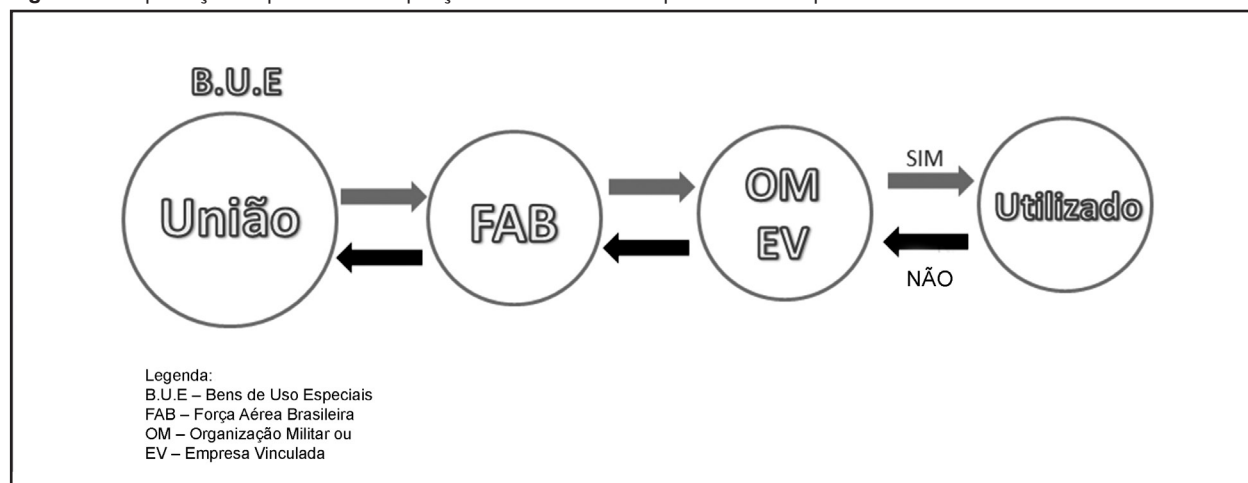
Conforme Braga (2007), foi a partir da promulgação da Lei N°. 5.658, de 1971, que a União delegou autonomia ao Ministério da Aeronáutica para gerir os imóveis que passaram para seu comando. Neste sentido, as formas como a Aeronáutica gerencia esse patrimônio são reguladas pela Norma do Sistema de Patrimônio da Aeronáutica. Esta norma prevê que a incorporação de imóveis ao acervo imobiliário do Comando da Aeronáutica (COMAER) pode ser processada por meio dos seguintes institutos: compra; desapropriação; doação; permuta; usucapião administrativo; e transferência de jurisdição. Conforme essa mesma norma, existem ainda formas de desincorporação de um imóvel que está sob sua jurisdição. Cabe ressaltar que a Reversão a SPU é o processo pelo qual o imóvel retorna ao domínio da União. Os bens que são direcionados à Aeronáutica possuem o nome de Bens Jurisdicionados ao Comando da Aeronáutica e o ato administrativo é consolidado pelo documento do Termo de Recebimento, lavrado pela Secretaria de Patrimônio da União, SPU/UF.

O Sistema de Cadastro Imobiliário da Aeronáutica (SIGPIMA) gerencia o patrimônio da Aeronáutica e está ligado a dois sistemas: ao Sistema de Gerenciamento Imóvel das Forças Armadas e ao Sistema de Gestão dos Imóveis de Uso Especial da União (SPIUnet)¹. O Sistema de cadastro é um conjunto de meios e procedimentos organizados, com a finalidade de coletar, processar, armazenar e atualizar as informações necessárias ao planejamento, à execução e ao controle das atividades inerentes ao Sistema de Patrimônio Imobiliário do COMAER. (BRASIL, 2011).

Ao receber um imóvel da União, a Aeronáutica pode destinar internamente este imóvel para suas Organizações Militares (OM) ou Empresas Vinculadas (EV). Este encaminhamento dos imóveis, no âmbito da Aeronáutica, é realizado através de gestão própria e possui fluxogramas extensos e específicos, pois estão atrelados ao tipo de instituto para o qual a União repassa o seu bem imóvel para a esfera de responsabilidade da Aeronáutica. A Organização Militar ou empresa vinculada, ao receber o imóvel, passará a deter a responsabilidade da sua preservação, zelo, assim como dar destino à sua utilização específica. Caso não haja mais interesse da OM/EV em continuar com este imóvel, existe a possibilidade de devolução do imóvel para a União. O processo é chamado de Reversão a SPU. Conforme NCSA-87-1: “a reversão de determinado imóvel à SPU somente é efetivada se não for de interesse do Comando da Aeronáutica (COMAER) vendê-lo ou permutá-lo, já que a lei lhe faculta vender ou permutar imóveis, de qualquer natureza, sob sua jurisdição e que não mais atendam a suas necessidades.” A figura abaixo visa explicar de maneira simples e resumida esse processo.

A Norma do Sistema de Patrimônio da Aeronáutica, 2011, no seu capítulo 9, preconiza as orientações para a utilização de bens imóveis de uso especial, sob a responsabilidade do Comando da Aeronáutica (COMAER), **por terceiros**, com objetivo de **exploração econômica ou o fornecimento de bens e serviços**. Este artigo fornece possíveis instrumentos para utilização de um imóvel público jurisdicionado pelo COMAER por um terceiro. A Tabela 1 simplifica as condições gerais que os imóveis devem atender para poderem ser cedidos a terceiros.

Figura 2 - Simplificação do processo de aquisição dos bens de uso especial da União para FAB.



Fonte: O autor.

¹ O Comando da Aeronáutica passa por reestruturação de toda a organização, inclusive seus sistemas de gerenciamento. Optamos por utilizar as nomenclaturas utilizadas nas normas vigentes na data deste artigo.

Tabela 1 - Condições gerais para que um imóvel sob responsabilidade do COMAER, possa ser cedido.**Condições gerais para que um imóvel sob responsabilidade do COMAER possa ser cedido**

- a. Regularização do imóvel – efetividade da posse, título de transferência de jurisdição e título de propriedade.
- b. Não pode haver processos judiciais ou administrativos sobre a área proposta do imóvel a ser cedido.
- c. Estar desocupado.
- d. Estar temporariamente sem utilização.
- e. Inexistir previsão de sua utilização futura.
- f. Inexistirem ônus reais.

Fonte: O autor, informações em BRASIL, 2011.

A norma prevê as condições gerais sem deixar claro se é necessário o atendimento de todos os quesitos. Existem seis (06) modalidades de utilização dos bens imóveis para terceiros, constituindo instrumentos que formalizam a relação de posse ou uso dos imóveis sob responsabilidade da Aeronáutica por terceiros. Elas serão demonstradas na Tabela 2, sendo que as informações foram compiladas para facilitar entendimento sobre um extenso e complexo assunto.

Observam-se algumas características comuns nos instrumentos de uso para terceiros, como a temporalidade. A forma de efetivação da maioria é através de um Contrato oneroso ou gratuito e todos precisam ter uma finalidade que se enquadre com interesse da Aeronáutica e União.

A Lei Nº 11.481, de 31 de maio de 2007, na Seção III-A, artigo 7, modificou o Decreto-Lei nº 271, de 28 de fevereiro de 1967, ampliou a Concessão de Direito de Uso Resolúvel dos terrenos públicos ou particulares:

[...] para fins específicos de regularização fundiária de interesse social, urbanização, industrialização, edificação, **cultivo da terra, aproveitamento sustentável das várzeas, preservação das comunidades tradicionais e seus meios de subsistência ou outras modalidades de interesse social em áreas urbanas.** (BRASIL, 2007, grifo do autor).

A Concessão de Direito de Uso Resolúvel é um instrumento que regulariza o uso de um terreno, sob responsabilidade de uma OM ou EV. da Aeronáutica, e permite realizar um contrato com terceiro com finalidade de cultivo da terra, aproveitamento sustentável das várzeas, preservação das comunidades tradicionais e seus meios de subsistência, por um determinado período de tempo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que, para o gerenciamento do patrimônio militar, existem diversos instrumentos legais que viabilizam a sua destinação de uso e, inclusive, os alinham com a função subsidiária e social que as Forças Armadas precisam realizar em seu âmbito de atuação.

Na questão dos terrenos, imóveis que estão sob jurisdição das Forças Armadas, esse patrimônio público precisa ser destinado legalmente, através da Secretaria

do Patrimônio da União, órgão governamental ligado ao Ministério da Economia que utiliza os instrumentos de destinação levantados nesse artigo. As dificuldades em relação ao gerenciamento dos imóveis militares são diversas, inclusive em relação aos recursos destinados pelo Estado às Forças Armadas, que se mostram limitantes nos últimos anos e também no que diz respeito à lentidão dos processos que dificultam, na prática, a gestão patrimonial.

Foi indicado, como um aspecto positivo, o arcabouço legal existente tanto de maneira global do ordenamento jurídico brasileiro com a Constituição Federal, quanto às normas específicas utilizadas na Aeronáutica em relação ao tema.

No âmbito da Aeronáutica, foi demonstrado que o patrimônio público, ao passar para sua guarda legal e estando sob sua responsabilidade, deve ser devidamente cadastrado em sistema específico, ficando sob sua esfera todo seu gerenciamento. Esse sistema é uma ferramenta que facilita a gestão desses imóveis e organiza as ações em sua esfera de atuação. No caso específico dos terrenos, a Aeronáutica se utiliza de instrumentos próprios que regulam o uso dessas áreas e permitem que possam ser utilizados de diversas maneiras, inclusive com relação a terceiros, ou ao público externo.

As finalidades de cada instrumento são específicas, porém abrangem desde permissão para realização de eventos, atividades de interesse público como: esportes, atividades culturais ou educacionais, até cultivo da terra, entre outras explicitadas neste artigo.

As modalidades ainda possuem flexibilidade temporal e na forma jurídica, podendo contemplar contratos, e títulos precários, podendo ainda ser gratuitas ou onerosas. A flexibilidade e diversificação desses instrumentos permitem a integração da Aeronáutica, como instituição militar e governamental com o público externo e civil. Isso garante uma das diversas formas, e não menos importante, de a instituição realizar suas funções sociais.

A importância de conhecer cada instrumento existente fornece maior possibilidade de destinação dos terrenos da Aeronáutica e, numa visão mais ampla, mais opções de usos para os imóveis nas Forças Armadas. O instrumento em si não garante a eficiência do uso do patrimônio público, mas direciona de maneira discricionária esse uso para o interesse público.

Tabela 2 - Instrumentos para utilização dos bens imóveis para terceiros, no âmbito do COMAER.

Instrumentos da Relação de Utilização dos Imóveis (Aeronáutica com Terceiros)	
<i>Modalidade</i>	<i>Principais características resumidas</i>
Cessão por Arrendamento	Finalidade: exploração de frutos, ligada à agropecuária ou prestação de serviços. Forma: gratuita ou onerosa. Efetivação: contrato no qual constam, obrigatoriamente, as condições a serem estabelecidas pelo COMAER. Este contrato é regido pelas normas de Direito Público, sendo vedada qualquer outra forma de ajuste. Temporalidade máxima: prazo contratual de até 20 anos.
Cessão de Uso para Atividades de Apoio	Finalidade: dar suporte as suas atividades. Ex: posto bancário, restaurante e lanchonete, barbearia, e demais atividades similares. Forma: gratuita ou onerosa. Efetivação: Contrato. Temporalidade máxima: até 10 anos. Prazos menores podem sofrer prorrogação.
Autorização de Uso	Finalidade: realizar eventos ou atividades com vistas à utilidade pública, mas no interesse do particular. Visa atividades transitórias e irrelevantes para a Administração. Forma: gratuita ou onerosa. Efetivação: termo de responsabilidade assinado com testemunhas. Temporalidade máxima: curto período. Relacionado ao evento ou atividade específica.
Permissão de Uso	Finalidade: consente a prática de determinada atividade para realizar eventos ou atividades com vistas à utilidade pública, mas no interesse público, de natureza recreativa, esportiva, cultural, religiosa ou educacional. Forma: Título Precário, na forma gratuita ou onerosa. Efetivação: termo de responsabilidade assinado com testemunhas. Temporalidade máxima: até 3 (três) meses. Este contrato pode ser prorrogado por igual período.
Concessão de Direito de Uso Resolúvel	Finalidade: cede um imóvel público, não edificado, a terceiros para instalação de gasoduto, rede de energia elétrica, canalização de água e esgoto, industrialização, cultivo de terra ou outra utilização de interesse social. Forma: Contrato – se for oneroso, deverá ser prevista contraprestação na forma de execução de obras ou realização de serviços de interesse do COMAER. Efetivação: Contrato. Temporalidade máxima: até 20 anos, podendo ser prorrogado por igual período. Obs: Será rescindido o contrato quando o concessionário: a) der ao imóvel destinação diversa da estabelecida no contrato ou termo; ou b) descumprir cláusula resolutória do ajuste, perdendo, neste caso, as benfeitorias de qualquer natureza.
Concessão de Uso	Finalidade: utilização exclusiva de um imóvel sob sua jurisdição a particular, para que o explore segundo destinação específica. Forma: gratuita ou onerosa. Efetivação: contrato no qual constem, obrigatoriamente, as condições a serem estabelecidas pelo COMAER. É regido pelas normas de Direito Público, sendo vedada qualquer outra forma de ajuste, devendo o produto da concessão ser recolhido ao Fundo Aeronáutico. Temporalidade máxima: até 20 anos, podendo ser prorrogado em situações específicas.

Fonte: O autor, informações em BRASIL, 2011.

Os entraves existentes em relação ao processo de gestão para destinação do patrimônio público militar estão mais associados à morosidade que pode decorrer no ato administrativo que envolve União e Forças Armadas, pois esses entraves podem se prolongar por anos, do que à forma jurídica desses instrumentos.

Neste artigo foram levantadas as relações de como a tríade que abarca a União, as Forças Armadas e a sociedade civil se envolve na gestão do patrimônio público e militar, por meio dos instrumentos legais de uso, existentes atualmente. Essa relação garante que as Forças Armadas possam assumir seu viés social por meio, também, do patrimônio militar.

Entendemos que a principal função de defesa nacional não pode ser secundária e que as ações gerenciais do patrimônio militar são direcionadas em prioridade a esta função. Porém não é menos importante a função social na destinação do patrimônio para fins públicos, pois constitui uma opção legal e fornece uma alternativa para o uso dos imóveis militares em tempos de paz, e que pode trazer benefícios para a sociedade. Com isso, a importância de divulgar esse processo pouco explorado é contribuir para compreender como ocorre a gestão do patrimônio militar que se constitui em interesse público e de relevante conhecimento para a sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14653-1. **Avaliação de Bens Parte 1**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006, p. 04.

BRAGA, M. C. A. **A gestão dos bens imóveis da União sob o comando do Exército e a dinâmica espacial em Recife e Olinda**. Recife: Cadernos Metrôpole 18. 2º sem. 2007.

BRASIL. **Código Civil**. Brasília, DF, 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm. Acesso em: 07 fev. 2019, p. 97.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Brasília, DF: Presidência da República [2019]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 07 fev. 2019.

BRASIL. Lei Nº 11.481, de 31 de maio de 2007. [...] prevê medidas voltadas à regularização fundiária de interesse social em imóveis da União; e dá outras providências. Brasília, 2007. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 17 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **NSCA – 87-1. 2011. Norma do Sistema de Patrimônio da Aeronáutica**. PORTARIA COMGAP Nº 11/2EM, DE 29 DE ABRIL DE 2011. Publicada no BCA nº 85, de 5 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria do Patrimônio da União. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/planejamento/unidades/spu>. Acesso em: 08 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria do Patrimônio da União. **Manual de Fiscalização do Patrimônio da União, 2018. Parte I**. Disponível em: http://www.planejamento.gov.br/assuntos/gestao/patrimonio-da-uniao/fiscalizacao-1/180517_manual-de-fiscalizacao-2018.pdf. Acesso em: 08 fev. 2019.

CEZAR, N. A.; PHILIPPI, D. A. Gestão sustentável em uma organização militar no estado do Mato Grosso do Sul/Sustainable management in a military organization in the state of Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Development**, Mato Grosso do Sul, v. 4, n. 2, p. 365-383, 2018.

PEREIRA, F. R. C. **A função social da propriedade pública e o patrimônio da União destinado às forças armadas**. 2017.151f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Brasiliense de Direito Público. Escola de Direito de Brasília – EDB, Brasília, 2017.

PEREIRA, F. R. C.; JÚNIOR MINARI, J. P.; CRAVEIRO, L. A. **O Patrimônio Imobiliário destinado às Forças Armadas e suas implicações para a soberania nacional**. Artigo. Disponível em: <http://governancadeterreas.com.br/2017/wp-content/uploads/2017/10/Craveiro-2.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.

Implantação e automatização do laboratório de medições de compatibilidade eletromagnética para prestação de serviços aos Institutos de Pesquisa do Comando da Aeronáutica e empresas do setor aeroespacial

Implementation and automation of the electromagnetic compatibility measurement laboratory to provide services to Aeronautical Command Research Institutes and companies in the aerospace sector

Implementación y automatización del laboratorio de medición de compatibilidad electromagnética para prestar servicios a los Institutos de Investigación de Comando Aeronáutico y a las empresas del sector aeroespacial

Sérgio Baptista de Oliveira^I

Carlos do Nascimento Santos^{II}

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar os ensaios técnicos de compatibilidade eletromagnética (EMC) em um equipamento, minimizando a interferência eletromagnética (EMI) em seu funcionamento normal para o qual foi projetado, executados em laboratório em área militar, em nível de desenvolvimento, segundo normas técnicas padronizadas internacionalmente. Esse laboratório, que é inovador para o Comando da Aeronáutica nesse tipo de prestação de serviços, foi implantado e está em fase de automatização com a utilização de *softwares* específicos, desenvolvidos para varrer-se a execução da faixa de frequência que é repetitiva durante o processo de determinados tipos de ensaio exigidos pela norma. Esse laboratório foi criado para atender principalmente sistemas de projetos espaciais e da aviação militar do Comando da Aeronáutica, mas esse serviço pode ser estendido a outras instituições militares aeroespaciais, de institutos de pesquisa, podendo inclusive atender projetos de desenvolvimento na área aeroespacial civil. Para demonstrar a capacidade técnica desse laboratório inovador e implantado para prestar esse tipo de serviço em EMC, em nível de desenvolvimento e com

expectativas futuras de acreditação pelo INMETRO, foram executados ensaios em um sistema de projeto espacial militar da aeronáutica seguindo todos os níveis e padrões estabelecidos em norma técnica internacional militar específica, exigida.

Palavras-chave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratório de ensaios. Desenvolvimento.

ABSTRACT

This article aims to present the technical tests of electromagnetic compatibility (EMC) in an equipment, minimizing the electromagnetic interference (EMI) in its normal operation for which it was designed, performed in a military area laboratory, at a development level, according to international technical standards. This laboratory, which is innovative for the Air Force Command in this type of service provision, was implemented and is undergoing automation with the use of specific softwares, developed to scan the execution of the frequency range that is repetitive during the processing of certain types of tests required by the technical standard. This laboratory was created to serve mainly space projects and military aviation systems of the Air Force Command,

I. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brasil. Major Especialista em Armamento da Força Aérea Brasileira (FAB). *E-mail:* sergiosbo@ifi.cta.br

II. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doutor em Engenharia Mecânica na área de Materiais pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). *E-mail:* nascimentoocs@ifi.cta.br

Recebido: 21/11/18

Aceito: 24/07/19

but this service can be extended to other military aerospace institutions, such as research institutes, and can even attend development projects in the civil aerospace area. To demonstrate the technical capacity of this innovative and recently implemented laboratory to provide this type of service at EMC, at a development level and with future expectations for accreditation by INMETRO, some tests were carried out in a military space design system of aeronautics, following all levels and standards established and required in a specific international military technical standard, required.

Keywords: EMC. EMI. Technical standards. Testing laboratory. Development.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar las pruebas técnicas de compatibilidad electromagnética (EMC) en un equipo, minimizando la interferencia electromagnética (EMI) en su funcionamiento normal para el que fue diseñado, realizadas en un laboratorio en el área militar, a nivel de desarrollo, de acuerdo con normas técnicas estandarizadas internacionalmente. Este laboratorio, que es innovador para el Comando de la Fuerza Aérea en este tipo de prestación de servicios, se implementó y está siendo automatizado con el uso de un software específico, desarrollado para escanear la ejecución del rango de frecuencia que es repetitivo durante el proceso de ciertos tipos de pruebas requeridas por la norma. Este laboratorio fue creado para servir principalmente proyectos espaciales y sistemas de aviación militar del Comando de la Fuerza Aérea, pero este servicio puede extenderse a otras instituciones aeroespaciales militares, de institutos de investigación, e incluso puede asistir a proyectos de desarrollo en el área aeroespacial civil. Para demostrar la capacidad técnica de este laboratorio innovador e implementado para proporcionar este tipo de servicio en EMC, a nivel de desarrollo y con expectativas futuras para la acreditación por INMETRO, se realizaron pruebas en un sistema de diseño de espacio militar de aeronáutica que sigue todos los niveles y estándares establecido en una norma técnica militar internacional específica, requerida.

Palabras clave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratorio de pruebas. Desarrollo.

1 INTRODUÇÃO

Todos os sistemas com equipamentos elétricos e eletrônicos são susceptíveis a determinados níveis de ruídos de interferência eletromagnética (EMI) ou também são potenciais geradores, de forma que podem ou não afetar o seu funcionamento normal a que foram

projetados. Essas interferências podem ser em nível de emissões conduzidas (CE) ou por susceptibilidades conduzidas (CS), em sua fiação ou cablagem desses fios. Esses sinais podem vir também por efeito indireto do impacto de raios atmosféricos nas aeronaves ou em linhas de transmissão de alimentação.

Interferências por emissões irradiadas (RE) ou por susceptibilidades irradiadas (RS) são provenientes de seu circuito eletrônico, ou por rádio frequência (RF) em todos os tipos de telecomunicações. Próximo a regiões de aeroportos, estações meteorológicas, de lançamento de foguetes, temos sinais de radar, navegação, comunicação, telemetria que interferem como campos eletromagnéticos irradiados de alta intensidade (HIRF).

O ambiente eletromagnético em que esse sistema está inserido deve ser analisado em termos de sua compatibilidade eletromagnética, ou seja, esse sistema deve funcionar adequadamente não sendo interferido e sem interferir como fonte geradora de EMI e que venha afetar no funcionamento de outros equipamentos nessa região. Dependendo de como e onde vai ser utilizado, seja em área civil ou em área militar, o equipamento será desenvolvido e certificado em laboratórios capacitados e acreditados com pessoal qualificado para tal, aplicando-se normas técnicas aceitas e em algumas aplicações normas harmonizadas e desenvolvidas por comitês técnicos internacionais que se reúnem regularmente, estudando e promovendo atualizações.

Os governos mundiais possuem agências certificadoras que fiscalizam a produção e venda desses diversos equipamentos. Um dos grandes efeitos de interferência eletrônica, na área militar, é na conhecida guerra eletrônica onde são envolvidas ações para impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético do inimigo, bem como destruir, neutralizar ou degradar sua capacidade de combate, usando energia eletromagnética ou armamento que empregue a emissão intencional do alvo para o guiamento de seus equipamentos, seja em terra, mar ou ar. Essas medidas de ataque eletrônico contemplam, em geral, sistemas de navegação, comunicação por rede de dados, voz, *links*. Também por sistemas de radares de vigilância, aquisição e (ou) acompanhamento ou tiro, e sistemas ópticos por infravermelho e visual. Esses equipamentos são projetados e devem ser blindados e não susceptíveis a esses níveis de sinais de interferência eletromagnéticos nocivos.

Dentro da área civil na aviação, na marítima, na indústria automobilística ou na indústria de equipamentos eletroeletrônicos para as diversas aplicações, os ensaios de compatibilidade eletromagnética são também necessários e equivalentes, porém os níveis de blindagem

a esses sinais eletromagnéticos indesejáveis não são tão rigorosos e elevados, o que levaria ao encarecimento do produto final. Por isso a necessidade de normas específicas e seu rigor para cada área de aplicação.

Durante determinados tipos de ensaios, temos faixas de frequências definidas que são varridas, passo a passo, tornando-se repetitivo o processo, que é muitas vezes cansativo e demorado para o especialista executor, por isso a necessidade de desenvolver *softwares* específicos de automatização para aquela montagem específica com os equipamentos de ensaio e repetibilidade da execução.

Neste artigo temos por objetivo apresentar os ensaios de compatibilidade eletromagnéticos realizados em equipamentos da área aeroespacial, com tecnologia de defesa, em laboratório implementado, em fase de automatização para atender o Comando da Aeronáutica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste artigo a principal aplicabilidade será para área militar da força aérea e aeroespacial tendo como principal norma técnica utilizada a norma militar MIL-STD-461, Revisão G.

Nos ensaios de compatibilidade eletromagnética, segundo as principais normas técnicas militares ou civis utilizadas são divididas em emissões conduzidas (CE), ou susceptibilidades conduzidas (CS), ou emissões irradiadas (RE), ou susceptibilidades irradiadas (RS). Nesses tipos de ensaios utiliza-se *Line Impedance Stabilization Network* (LISN) como uma das funções de filtragem da linha de alimentação de energia em corrente elétrica alternada ou contínua do equipamento sob ensaio (ESE) para garantir a não interferência nesses sinais.

2.1 Ensaio de emissão conduzida CE102

Esse teste é utilizado para verificar as emissões eletromagnéticas conduzidas ruidosas que surgem por meio dos cabos de alimentação de energia elétrica do equipamento sob ensaio (ESE). Segundo a MIL-STD-461 a faixa de frequência especificada para o ensaio é de 10 kHz a 10 MHz. Deve incluir cabos de retorno e aqueles que são fontes de outros equipamentos que não foram parte do ESE, mas que o influenciam.

Estabelecidas e ajustadas pela norma os limites aceitáveis de ruídos de interferência que o equipamento ESE deve suportar, monta-se o *setup* de ensaio em laboratório monitorando o funcionamento do ESE constantemente para avaliar se irá funcionar adequadamente dentro da faixa de frequência e limites especificados.

2.2 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS101

Segundo a MIL-STD-461 a faixa de frequência especificada para o ensaio é de 30 Hz a 150 kHz. Esse ensaio é utilizado para verificar a capacidade do ESE em suportar sinais ruidosos acoplados a cabos de alimentação de energia elétrica em baixas frequências. Ele é aplicável a equipamentos e subsistemas de corrente alternada, limitado a corrente elétrica menor ou igual a 30 amperes por fase e condutores de alimentação de entrada com corrente contínua, sem incluir os retornos.

Se o ESE é operado com corrente contínua (CC) ou alternada (CA), este ensaio é aplicável normalmente ao longo do intervalo de 30 Hz a 150 kHz. Se o ESE é operado com corrente alternada, este ensaio é aplicável a partir da segunda harmônica da frequência de alimentação do ESE estendendo-se até 150 kHz.

Estabelecidas pela norma os limites aceitáveis dos ruídos de interferência que o equipamento ESE deve suportar, monta-se o *setup* de ensaio em laboratório e aplica-se esse sinal ao ESE, monitorando-o constantemente, para avaliar se irá funcionar adequadamente dentro da faixa de frequência especificada.

2.3 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS114

Segundo a MIL-STD-461, a faixa de frequência especificada para o ensaio é de 10 kHz a 200 MHz. Esse procedimento de teste é utilizado para verificar a capacidade do ESE em suportar sinais ruidosos, acoplados aos cabos de interconexão e alimentação de energia elétrica desse equipamento nessa faixa de frequência.

Estabelecidos pela norma os limites aceitáveis dos ruídos de interferência que o equipamento ESE deve suportar, monta-se o *setup* de ensaio em laboratório e aplica-se esse sinal ao ESE, monitorando-o constantemente, para avaliar se o mesmo irá funcionar adequadamente dentro da faixa de frequência especificada.

2.4 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS115

Nesse ensaio sinais pulsados ruidosos são injetados nos cabos de alimentação ou de sinais de dados do ESE. Esse procedimento de teste é utilizado para verificar a capacidade do ESE em suportar impulso desses sinais ruidosos acoplados a cabos de alimentação de energia, de dados ou de sistemas aterrados dos cabos de interconexão. O nível de pulso utilizado para o ensaio é especificado segundo a norma MIL-STD-461.

Estabelecido esse nível, monta-se o *setup* de ensaio em laboratório e aplica-se esse sinal ao ESE,

monitorando-o constantemente, para avaliar se o mesmo irá funcionar adequadamente.

2.5 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS116

Nesse ensaio, segundo a norma MIL-STD-461, trabalha-se com a injeção de um sinal ruidoso de corrente elétrica pulsada transiente senoidal amortecido na faixa de frequência de 10 kHz a 100 MHz. Esse sinal é injetado nos cabos de alimentação de energia ou de sinais de dados do ESE.

Estabelecido pela norma esse nível de sinal, monta-se o *setup* de ensaio em laboratório e aplica-se esse sinal ao ESE, monitorando-o todo o tempo, para verificar a capacidade desse em suportar sinais acoplados aos cabos de alimentação de energia, de dados ou de sistemas aterrados dos cabos de interconexão, ou seja, o ESE deverá funcionar adequadamente na presença desses pulsos transientes de sinais dentro dessa faixa de frequência especificada.

2.6 Ensaio de emissão irradiada RE102

Esse ensaio, segundo a norma MIL-STD-461, é utilizado para verificarem-se as emissões irradiadas de campos elétricos provenientes do ESE, bem como de seus subsistemas e cablagens associadas que poderão interferir em outros equipamentos instalados nesse ambiente.

Esse ensaio é realizado em câmara anecóica e aplicável normalmente ao longo do intervalo de frequência de 10 kHz a 18 GHz. Acima de 30 MHz as polarizações vertical e horizontal das antenas são aplicadas. Conforme a faixa de frequência aplicada, deve-se utilizar uma antena com características próprias. São conhecidas como antena ROD, para varrer a faixa de 9 kHz a 30 MHz, antena BICONILOG, para varrer a faixa de 26 MHz a 6 GHz, e antena DOUBLE RIDGE HORN, para varrer a faixa de 750 MHz a 18 GHz.

As antenas são posicionadas a um metro de distância do ESE e a uma altura de 1,20 m do solo, conforme a norma. A intensidade do campo elétrico irradiado pelo ESE é monitorada na faixa de frequência especificada e o seu limite é comparado com o especificado pela norma. O resultado dessa monitoração é representado em um gráfico com os limites medidos e irradiados do ESE e o especificado pela norma.

2.7 Ensaio de susceptibilidade irradiada RS103

Esse ensaio, segundo a norma MIL-STD-461, é utilizado para verificar a capacidade do ESE em suportar as emissões irradiadas de interferência de campo elétrico sobre ele, bem como de seus subsistemas e cablagens

associadas proveniente de outros equipamentos instalados nessa vizinhança ou de outras fontes nesse ambiente.

Esse ensaio pode ser realizado em câmara anecóica ou de reverberação. A intensidade de campo elétrico é de 20 Volts por metro para projetos espaciais e de 200 Volts por metro para aviação militar, conforme a norma. Esse requisito é aplicável normalmente ao longo do intervalo de frequência de 10 kHz a 18 GHz. Acima de 30 MHz as polarizações vertical e horizontal das antenas são aplicadas.

Esse ensaio é semelhante ao RE102 somente que agora o ESE, suas cablagens e subsistemas estão sendo irradiados pelo campo elétrico emitido pelas antenas. Conforme a faixa de frequência aplicada, deve-se utilizar uma antena com características próprias. São conhecidas como antena ROD, para varrer a faixa de 9 kHz a 30 MHz, antena BICONILOG, para varrer a faixa de 26 MHz a 6 GHz, e antena DOUBLE RIDGE HORN, para varrer a faixa de 750 MHz a 18 GHz.

As antenas são posicionadas a um metro de distância do ESE, ou suas cablagens, e a uma altura de 1,20 m do solo, conforme a norma.

O limite para intensidade de campo elétrico é ajustado segundo a norma para aplicabilidade em projetos da força aérea ou aeroespacial. Constantemente, durante o ensaio, um sensor de campo elétrico é posicionado o mais próximo possível do ESE, suas cablagens e subsistemas para conferir a intensidade de campo elétrico irradiado sobre essa montagem. O ensaio, conforme sua complexidade, pode ser repetido várias vezes, em que são variadas as posições do sensor e das antenas para varrer todos os pontos críticos desse sistema de montagem, conforme especificado em norma.

3 METODOLOGIA

O objetivo principal dessa metodologia técnica é a demonstração da capacidade do laboratório em executar esse tipo de ensaio de EMC, com perspectivas de extensão dessa prestação de serviços, em nível de desenvolvimento, mas com expectativas futuras de acreditação.

Para demonstração dos ensaios de compatibilidade EMC nesse laboratório do DCTA/IFI, utilizou-se um determinado sistema que compõe um veículo aeroespacial do DCTA/IAE, preservados alguns detalhamentos técnicos devido ao sigilo da tecnologia militar envolvida, bem como da montagem para ensaiá-lo.

Esse sistema possui um ou mais aparelhos ESE, composto pela sua fiação, cablagens, conectores e subsistemas. Tanto a configuração da disposição desse sistema quanto os equipamentos para o ensaio e a mesa de montagem são padrões que seguem a norma. A mesa de ensaio de EMC utilizada no laboratório segue padrão

segundo a norma MIL-STD-461, com plano de terra em chapa metálica de cobre e ligações de aterramento em malha de terra externa do laboratório projetados para essa finalidade. A parte não condutiva utilizada sob a mesa condutiva é uma placa de isopor isolante. Os equipamentos do laboratório de testes representados nas figuras e utilizados em cada tipo de ensaio estão discriminados e/ou representados por letras A, B, C, D, E, F, ou G. Os outros não discriminados apenas fazem parte da bancada de testes devem ser utilizados conforme o tipo de ensaio.

Esse sistema ESE é operado normalmente pelo projetista, durante o ensaio em laboratório, como se estivesse funcionando em condições normais em seu veículo espacial, para que se possa analisar sua operacionalidade normal dentro desses limites de EMI aceitáveis pela norma utilizada. As normas que seguimos ou mesmo os equipamentos utilizados no laboratório estão em constante atualização.

O Laboratório do DCTA/IFI possui documentos técnicos de procedimentos interno para execução desses tipos de ensaio que seguem rigorosamente o que determina a norma, especificando as fases de ajustes dos equipamentos e ensaio do sistema ESE e sua cablagem, os quais são avaliados constantemente e, caso seja necessário, é emitida uma nova revisão. Os dados de resultados apresentados pelo laboratório, dependendo do tipo de ensaio, podem ser fornecidos em gráficos ou em tabelas, mas se o sistema funcionou ou não adequadamente somente o projetista pode declarar.

3.1 Ensaio de emissão conduzida CE102

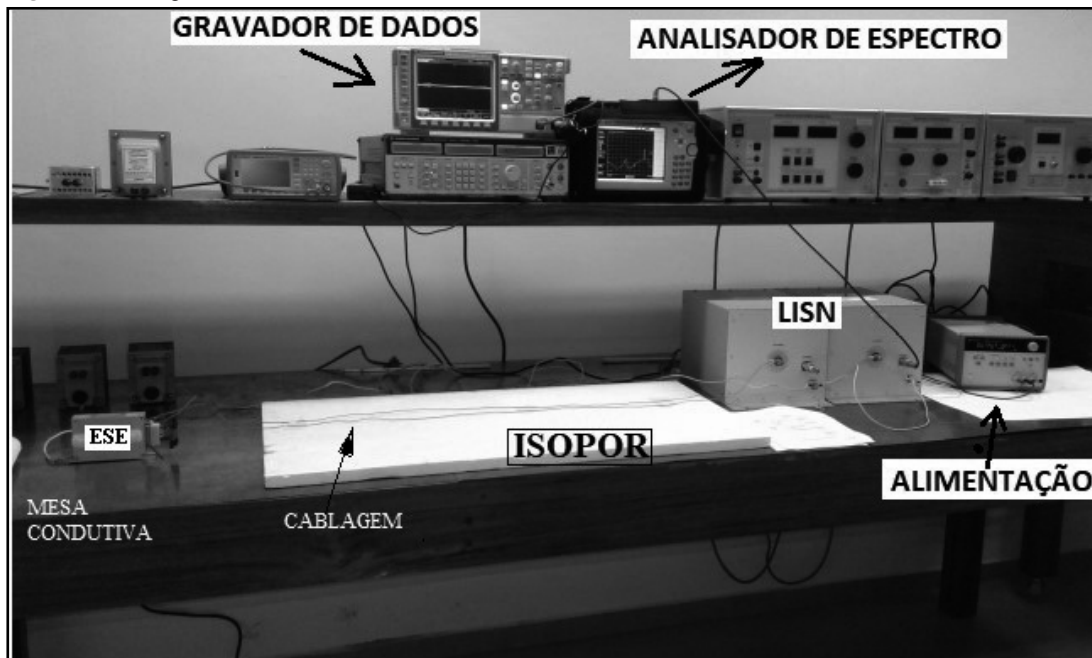
Para esse tipo de ensaio, a primeira fase é chamada de calibração, segundo a norma em que é feita a verificação e o ajuste somente dos equipamentos, sem o ESE, conforme os níveis especificados nessa norma varrendo-se a faixa de frequência de 10 kHz a 10 MHz. A segunda fase já com os equipamentos ajustados e que utiliza o ESE é o ensaio por meio do qual é observado esse tipo de emissão conduzida. A montagem representativa para esse ensaio em laboratório é descrita na Figura 1 e os equipamentos utilizados nesse ensaio estão nela discriminados.

Este ensaio verificou os sinais de emissões eletromagnéticas conduzidas por meio dos cabos de alimentação de energia do ESE, ou seja, avaliou o sinal que interfere nesse equipamento com relação ao limite aceitável pela norma e que foi ajustado na primeira fase. Incluiu, também, os cabos de retorno e aqueles que são fontes de outros equipamentos que não formam parte do ESE, mas que nele deveriam influenciar. ESE, LISN e equipamentos estão dispostos em parte condutiva da mesa de teste. A cablagem está sob material isolante, no caso isopor.

A Figura 2 apresenta o resultado medido do nível de sinal ruidoso (amplitude do sinal em decibéis micro Volts - dBuV) no ESE, comparado ao limite estabelecido pela norma na faixa de frequência especificada.

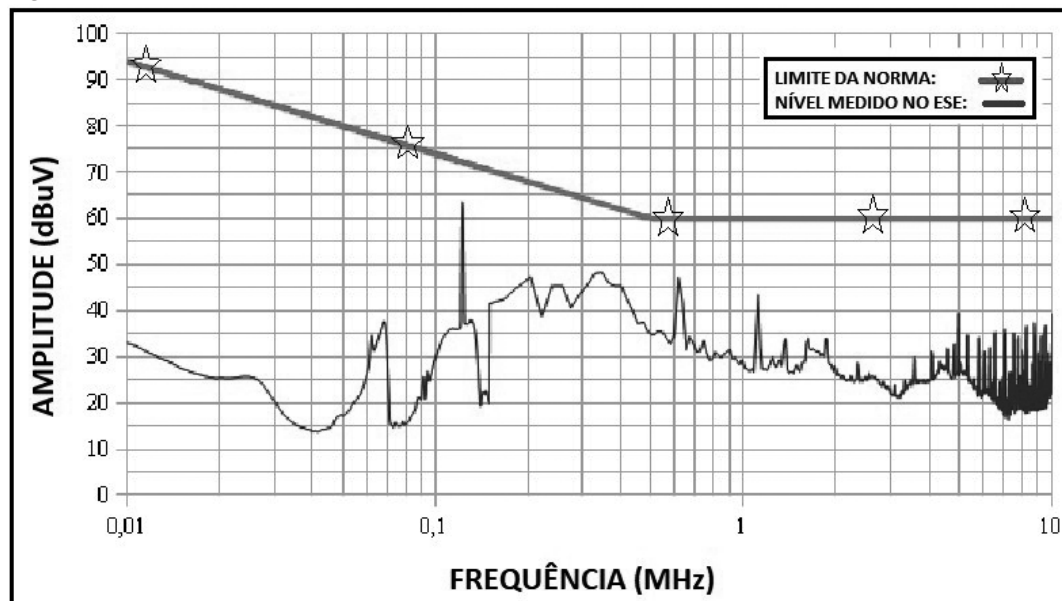
As distâncias de cablagens, equipamentos e do sistema ESE em geral seguem os padrões da norma, mas não estão indicados na montagem da Figura 1.

Figura 1 - Montagem em laboratório de ensaio de CE-102.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 2 - Modelo de resultado obtido do ensaio de emissão conduzida sobre o ESE.



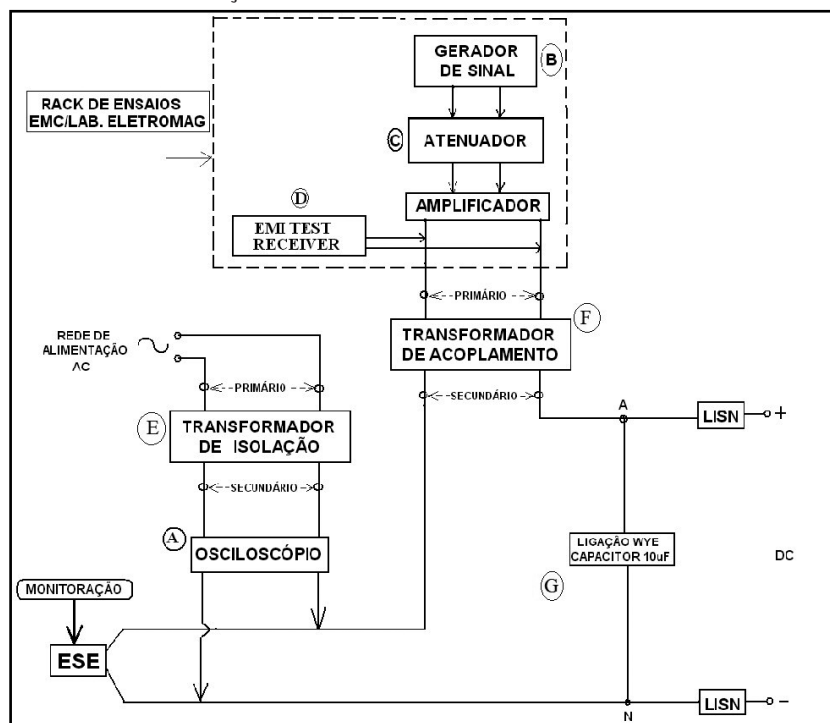
Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.2 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS101

Para esse tipo de ensaio, a primeira fase é chamada de calibração, segundo a norma em que é feita a verificação e ajuste somente dos equipamentos, sem o ESE, conforme os níveis especificados nessa norma varrendo-se a faixa de frequência de 30 Hz a 150 kHz. A segunda fase, já com

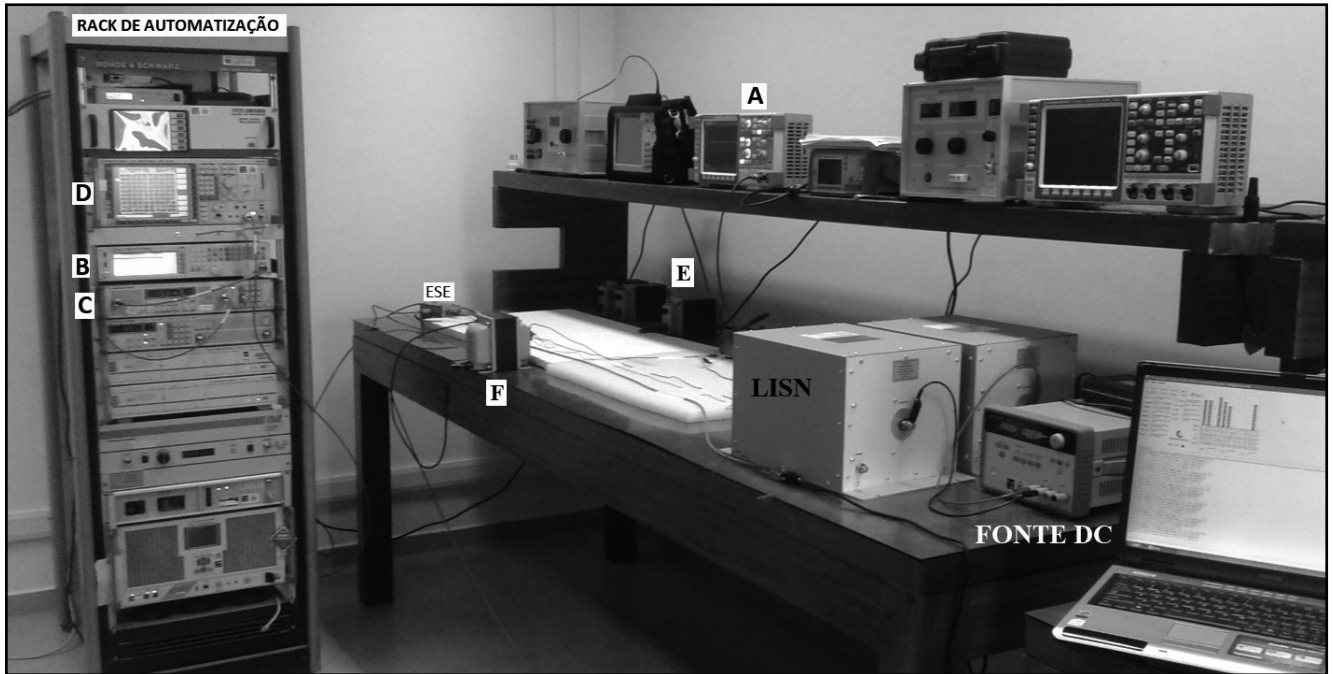
os equipamentos ajustados e que utiliza o ESE, é a de ensaio em que será observado esse tipo de susceptibilidade conduzida. Nesse caso é feita a varredura desse nível de sinal nos cabos de alimentação de energia elétrica do ESE na faixa de frequência da primeira fase. A representação e a montagem para esse ensaio com automatização em rack do laboratório são descritos nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Diagrama do esquema de montagem com Rack portátil do laboratório para ensaio com automatização de CS-101.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 4 - Montagem em laboratório de ensaio de CS-101 com ESE e sua cablagem.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA com o rack de automatização.

O laboratório do IFI possui e desenvolveu um *rack* portátil de automatização, onde estão montados e integrados os equipamentos necessários para esses tipos de ensaios. Esses equipamentos funcionam de forma automática, controlados e programados por *software* para executar cada tipo de ensaio característico conforme a norma. As cablagens para ensaio interligam o ESE e a LISN. Os equipamentos utilizados para esse tipo de ensaio estão representados pelas letras A, B, C, D, E, F e G respectivamente. O capacitor G que não aparece na Figura 4, está ligado à fase positiva de alimentação do ESE sendo acoplado na saída da LISN. O amplificador está acoplado à saída do gerador de sinal no rack de automatização.

Os outros estão apenas sobre a bancada e serão utilizados conforme o tipo de teste. ESE, LISN e equipamentos estão dispostos em parte condutiva da mesa de teste. A cablagem está sob material isolante, um isopor. As distâncias de cablagens, equipamentos e do sistema ESE seguem os padrões da norma, mas não estão indicados na montagem da Figura 4.

Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do sistema, sendo registrada qualquer anomalia ou não pelo projetista.

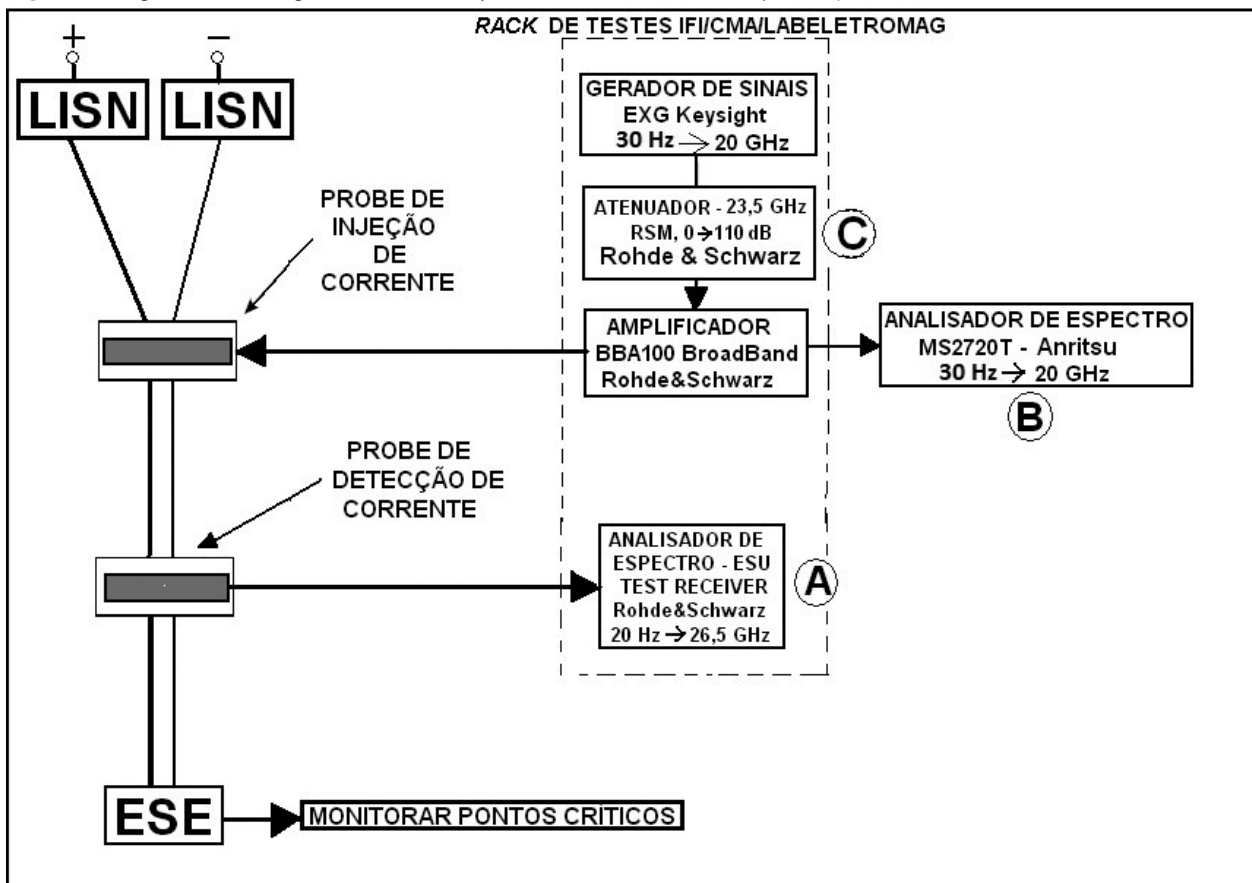
3.3 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS114

Para esse tipo de ensaio, a primeira fase é chamada de calibração, segundo a norma para características de projeto da FAB e Espacial, em que é feita a verificação e o ajuste somente dos equipamentos, sem o ESE, conforme os níveis especificados nessa norma, varrendo-se a faixa de frequência de 10 kHz a 200 MHz. A segunda fase, já com os equipamentos ajustados e que utiliza o ESE, é o ensaio para que é observado esse tipo de susceptibilidade conduzida. As montagens para o ensaio automatizado com *rack* do laboratório são descritas nas Figuras 5 e 6. As cablagens para ensaio estão interligando o ESE e a LISN. Nesse ensaio são usados dois equipamentos A e B como receptores de sinal.

Após o ajuste dos equipamentos para ensaio, é feita a varredura desse nível de sinal nos cabos de alimentação e interconexão do ESE na faixa de frequência especificada. No ensaio verificou-se a capacidade do ESE em suportar sinais ruidosos acoplados aos seus cabos de interconexão e alimentação de energia elétrica.

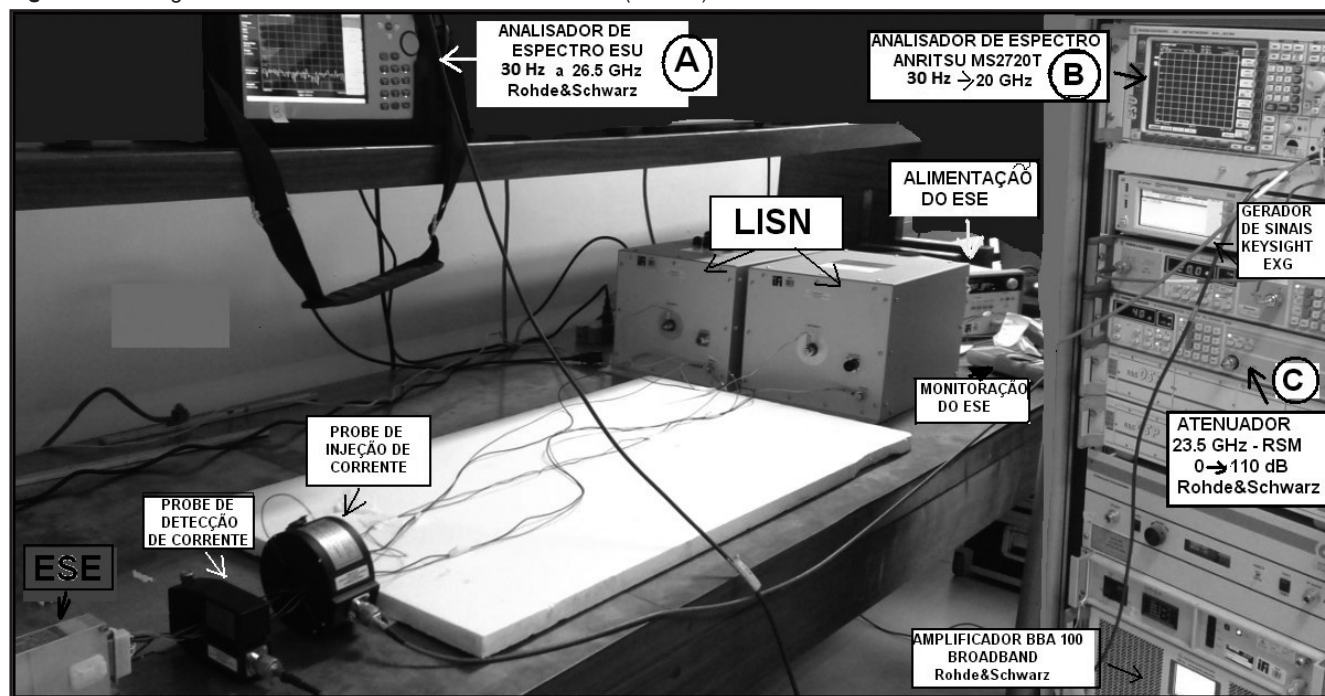
Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do sistema, sendo registrada qualquer anomalia ou não pelo projetista.

Figura 5 - Diagrama de montagem em laboratório para ensaio automatizado de (CS-114).



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 6 - Montagem em laboratório de ensaio automatizado de (CS-114).



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.4 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS115

Para esse tipo de ensaio, a primeira fase é chamada de calibração, segundo níveis de sinal pela norma, em que são feitos a verificação e o ajuste somente dos equipamentos, sem o ESE. Na segunda fase, já com os equipamentos ajustados, injetam-se os sinais pulsados nos cabos de alimentação ou de sinais de dados do ESE, onde será observado esse tipo de susceptibilidade conduzida. A montagem para o ensaio é descrita na Figura 7. O equipamento A é a probe de injeção de sinal, o B é a de medição, C é um atenuador de sinal para não danificar o osciloscópio e D são os espaçadores de 5 cm. As cablagens para ensaio estão interligando o ESE e a LISN. Os outros equipamentos não discriminados apenas estão sobre a bancada e alguns são de sinal de alimentação do ESE.

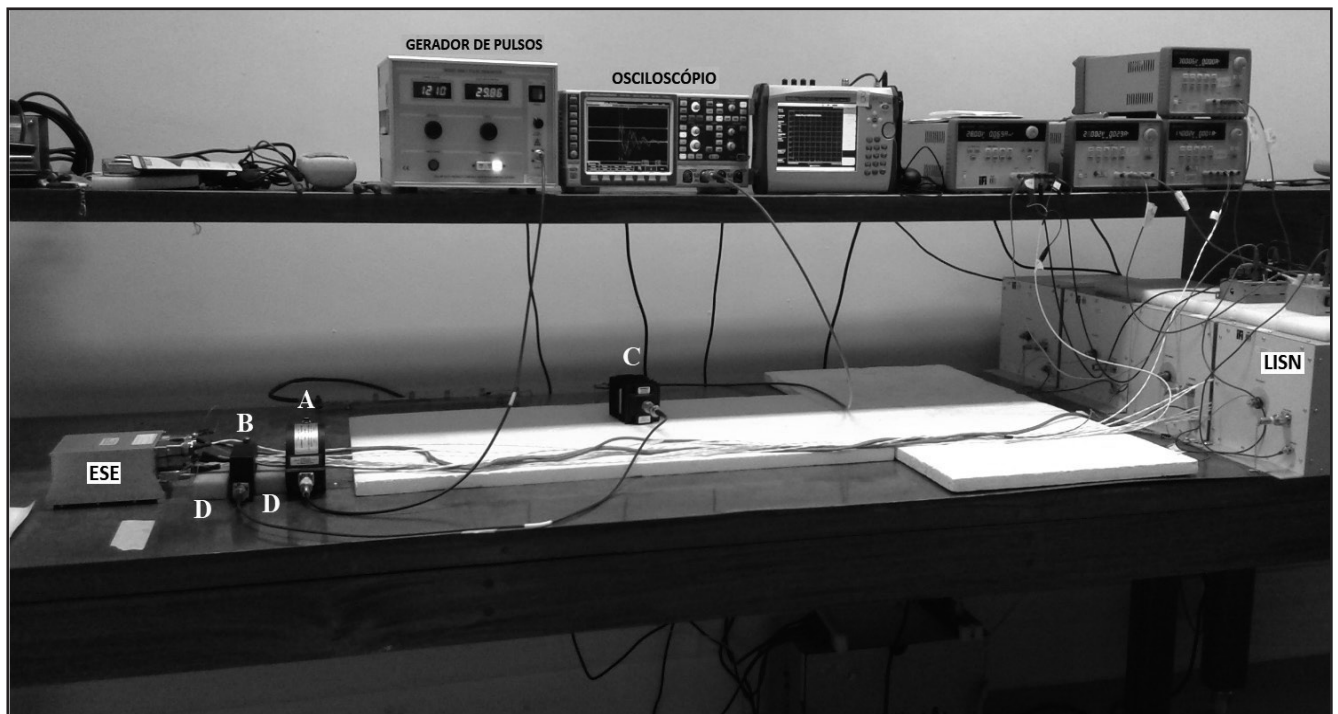
O ensaio verifica a capacidade do ESE em suportar impulso de sinais de interferência acoplados aos seus cabos de alimentação de energia elétrica, de dados ou dos sistemas aterrados de seus cabos de interconexão. Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do sistema, sendo registrada qualquer anomalia ou não pelo projetista.

3.5 Ensaio de susceptibilidade conduzida CS116

Para esse tipo de ensaio, a primeira fase é chamada de calibração, segundo níveis de sinal pela norma, em que são feitas a verificação e o ajuste somente dos equipamentos, sem o ESE. Na segunda fase, já com os equipamentos ajustados, injeta-se esse sinal de corrente elétrica pulsada transiente senoidal amortecido, na faixa de frequência de 10 kHz a 100 MHz, nos cabos de alimentação de energia ou de sinais de dados do ESE onde será observado esse tipo de susceptibilidade conduzida. A montagem em laboratório para o ensaio é descrita na Figura 8. As cablagens para ensaio interligam-se o ESE e a LISN. Os espaçadores de 5 cm estão representados por A, o equipamento B é a probe de medição e C é a probe de injeção de sinal. Os outros equipamentos não discriminados apenas estão sobre a bancada. Não fazem parte desse ensaio.

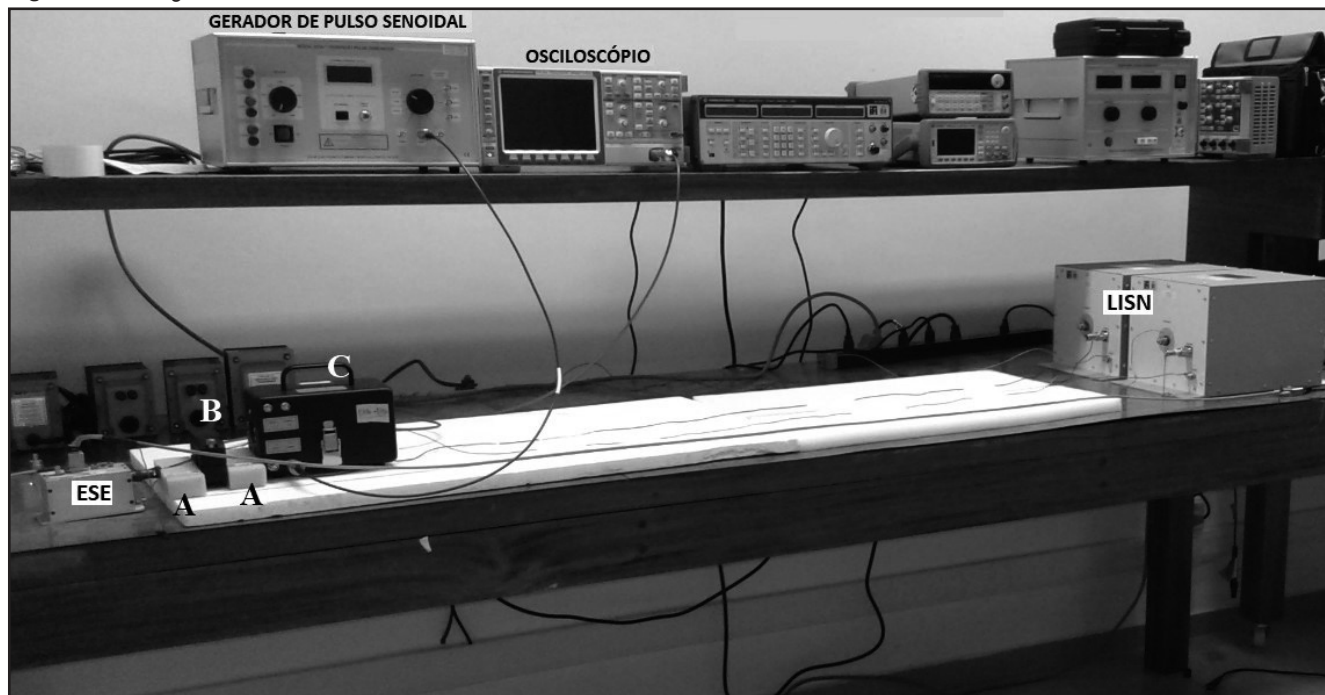
O ensaio verifica a capacidade do ESE em suportar esses sinais de interferência acoplados em seus cabos de alimentação de energia elétrica ou de sinais de dados na faixa de frequência especificada. Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do sistema, sendo registrada qualquer anomalia ou não pelo projetista.

Figura 7 - Montagem em laboratório de ensaio CS115.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 8 - Montagem em laboratório de ensaio CS-116.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

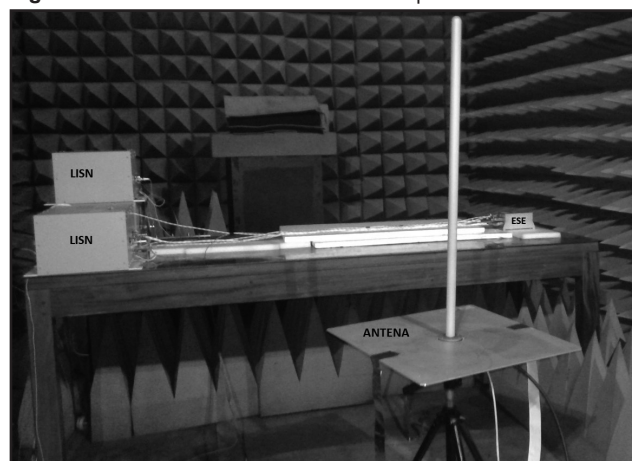
3.6 Ensaio de emissão irradiada RE102

Na primeira fase desse tipo de ensaio, chamada de calibração pela norma, são efetuados os ajustes e a verificação dos equipamentos e das antenas, segundo limites de intensidade de campo elétrico (amplitude em decibéis microvolts por metro - dBuV/m) aceitáveis pela norma. Nessa fase posicionam-se as antenas ROD, BICONILOG e DOUBLE RIDGE HORN, conforme a sua faixa de frequência entre 10 kHz a 18 GHz, a um metro de distância do ESE ou de suas cablagens e altura do solo de 1,20 m.

Na segunda fase de ensaio, com o equipamento ESE funcionando normalmente, mede-se a intensidade de campo elétrico irradiado em dBuV/m por esse sistema constituído pelo ESE e por suas cablagens. Esses níveis de emissão produzem efeitos de sinais ruidosos e devem estar entre os limites estabelecidos em norma e ajustados na primeira fase. Dependendo da complexidade desse sistema e tamanho de sua cablagem, esse ensaio pode ser repetido várias vezes até cobrir todo o ângulo de abrangência das antenas. As configurações das montagens para o ensaio em laboratório são descritas na Figura 9 de 10 kHz a 30 MHz, na Figura 10 de 30 MHz a 200 MHz e na Figura 11 de 200 MHz a 18 GHz, respectivamente. As cablagens para ensaio interligam o ESE e a LISN e estão sobre o isopor.

Esse tipo de ensaio foi realizado no interior da câmara anecóica do laboratório do IFI que possui absorvedores de EMI, justamente para garantir que os sinais eletromagnéticos, presentes nesse *setup*, são apenas os provenientes do sistema ESE mais cablagem e que

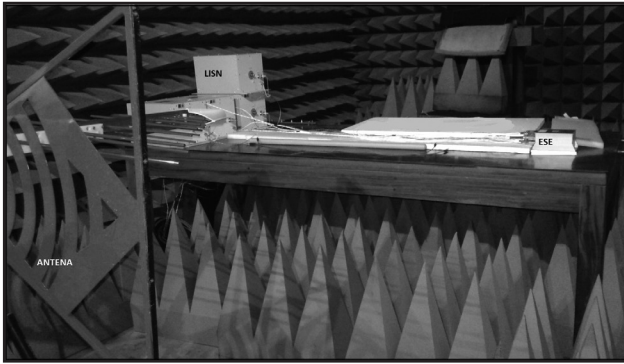
Figura 9 - Posicionamento da antena ROD para ensaio de RE-102.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

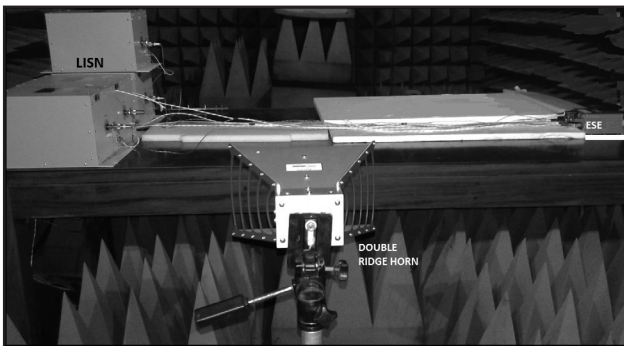
são medidos pelas antenas em seu interior. Os outros equipamentos que fazem parte do sistema de medição das antenas estão dispostos na parte exterior da câmara e estão montados segundo o *rack* de automatização portátil do IFI, conforme exibido na Figura 4. Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do ESE, varrendo-se as faixas de frequência estabelecidas. Parte do resultado da medida dos níveis de emissão irradiados do ESE, comparados com os níveis aceitáveis pela norma, são apresentados na Figura 12. A faixa de frequência apresentada está entre 1GHz e 18 GHz em polarização horizontal com o nível de amplitude de sinal irradiado de campo elétrico em dBuV/m.

Figura 10 - Posicionamento da antena BICONILOG para ensaio de RE-102.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 11 - Posicionamento da antena DOUBLE RIDGE HORN para ensaio de RE-102.



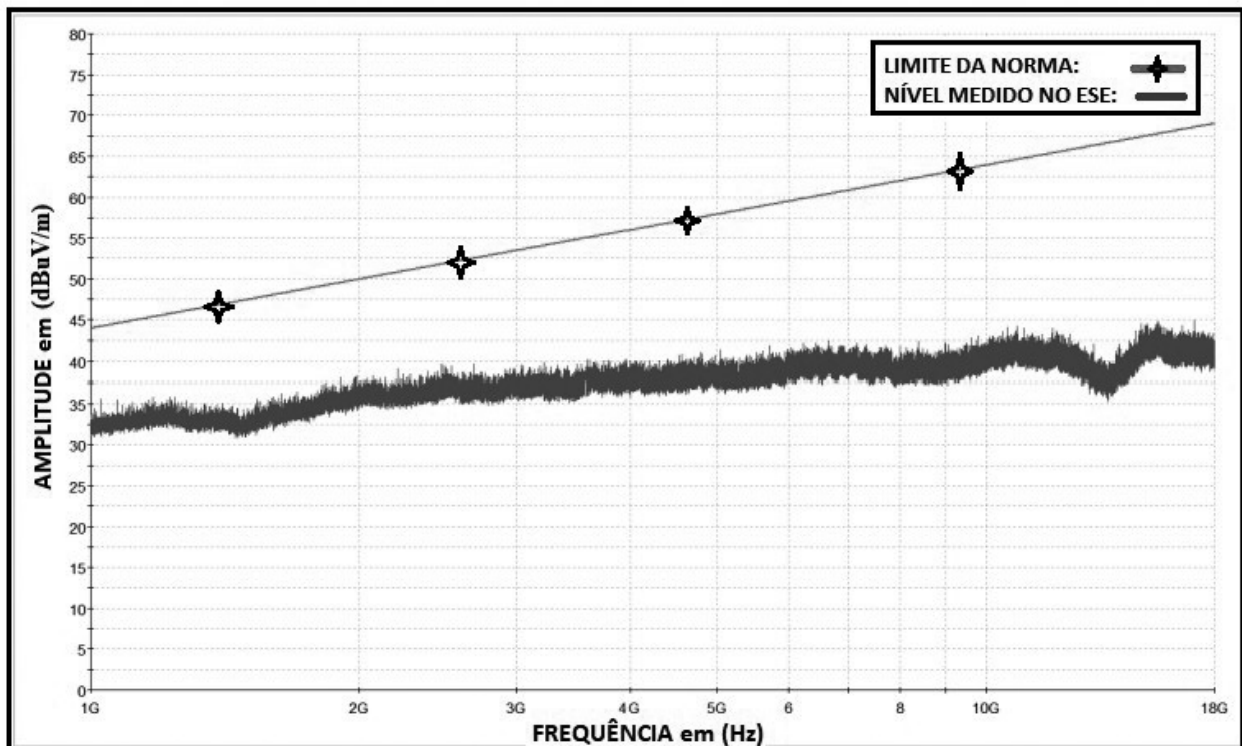
Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.7 Ensaio de susceptibilidade irradiada RS103

Na primeira fase desse tipo de ensaio, também chamada de calibração pela norma, são feitos o ajuste e a verificação dos equipamentos e das antenas, segundo limites de intensidade de campo elétrico (amplitude em decibéis microvolts por metro - dBuV/m) aceitáveis pela norma. Nessa fase posicionam-se as antenas ROD, BICONILOG e DOUBLE RIDGE HORN, conforme a sua faixa de frequência entre 10 kHz e 18 GHz, a um metro de distância do ESE ou de suas cablagens e altura do solo de 1,20 m.

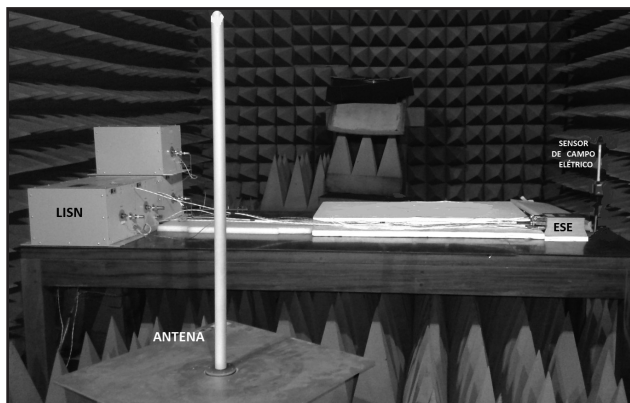
Esse ensaio é semelhante ao RE102, no entanto, somente agora as antenas irradiam um sinal ruidoso de campo elétrico, ajustado, inicialmente, sobre o sistema ESE e cablagem. Esse sinal é monitorado constantemente por um sensor de intensidade de campo elétrico, posicionado o mais próximo possível desse sistema. A intensidade de campo elétrico é de 20 Volts por metro, especificada em norma para projetos espaciais. As configurações das montagens para o ensaio em laboratório são descritas na Figura 13 de 10 kHz a 30 MHz, na Figura 14 de 30 MHz a 200 MHz e na Figura 15 de 200 MHz a 18 GHz, respectivamente.

Figura 12 - Modelo de resultado obtido do ensaio de RE102 no ESE.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 13 - Antena ROD para ensaio de RS-103 executado em laboratório.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Esse tipo de ensaio foi realizado no interior da câmara anecoica do laboratório do IFI, que possui absorvedores de EMI justamente para garantir que os sinais eletromagnéticos, no caso o campo elétrico, gerados e irradiados sobre essa montagem do sistema ESE mais cablagem sejam apenas os provenientes das antenas em seu interior. Os outros equipamentos que fazem parte do sistema de geração de sinal para as antenas e medição de sinal do sensor de campo elétrico foram dispostos na parte exterior da câmara e estão montados segundo o *rack* de automatização portátil do IFI conforme exibido na Figura 4.

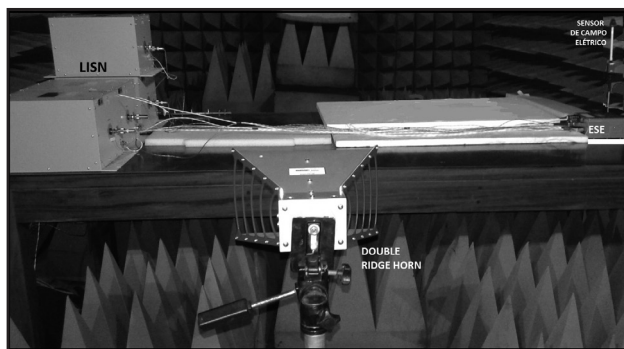
Figura 14 - Antena BICONILOG para ensaio de RS-103 executado em laboratório.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Durante o ensaio é monitorado constantemente o funcionamento do sistema, sendo registrada qualquer anomalia ou não pelo projetista.

Figura 15 - Antena DOUBLE RIDGE HORN para ensaio de RS-103, executado em laboratório.



Fonte: Laboratório de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

4 CONCLUSÃO

Neste artigo apresentam-se os ensaios de compatibilidade eletromagnética EMC em um sistema desenvolvido na área aeroespacial de tecnologia de defesa do Comando da Aeronáutica, para o Instituto Aeroespacial, IAE, tendo-se principalmente como referência o requisito técnico MIL-STD-461 de padrão americano, com a sua revisão G.

O Laboratório de Ensaios Eletromagnéticos (Labeletromag) da Divisão de Confiabilidade Metrológica, CMA, no Instituto de Fomento e Coordenação Industrial, IFI, do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial DCTA, em São José dos Campos (SP), encontra-se implantado, em fase de automatização, mas já executa esses tipos de serviços técnico-especializados de ensaios de EMC em emissões ou susceptibilidades conduzidas, (CE) e (CS), e emissões ou susceptibilidades irradiadas, (RE) e (RS), em nível de desenvolvimento de produto, para atender projetos na área aeroespacial de tecnologia de defesa do Comando da Aeronáutica.

Serviço que pode, logicamente, estender-se a outras instituições militares do Ministério da Defesa, indústrias civis no setor aeroespacial, estabelecimentos de ensino e pesquisa. Esse tipo de prestação de serviço inovador, nesta área no IFI e para o Comando da Aeronáutica, já executou ensaios para um projeto de armamento da Marinha e tem o Exército também em parceria. O laboratório disponibilizou parceria, a nível de desenvolvimento, para projetos de aviação militar ou civil da EMBRAER, visto que seus ensaios de desenvolvimento e certificação são executados quase que totalmente no exterior.

A norma seguida pela aviação civil, sendo a principal a RTCA/DO-160, Revisão G, por meio das seções 18 até 23, pode ser executada grande parte nesse laboratório. No Brasil o principal laboratório que tem conseguido atender esse tipo de serviço tem sido o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), mas, com a grande procura de seus serviços pela indústria nacional automobilística, a espera para a execução dos ensaios acaba comprometida por outros setores das áreas militar ou civil aeroespaciais de pesquisa e desenvolvimento.

Esse tipo de serviço técnico oferecido é de grande importância para autonomia e desenvolvimento do país, uma vez que grande parte desse serviço é executado no exterior. O laboratório também dispõe de uma câmara de reverberação em funcionamento, para executar ensaios de susceptibilidade irradiada, sendo a única no país. Com a implantação do Labeletromag no IFI, uma alternativa tem sido oferecida para atender essa demanda de serviço no Brasil.

REFERÊNCIAS

AR, RF/Microwave Instrumentation. Disponível em: <http://www.arworld.us>. Acesso em: 12 set. 2018.

DEPARTMENT OF DEFENSE INTERFACE STANDARD, **Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment**, MIL-STD-461, Rev. G, Washington, DC, 2007.

EMC 2018 Testing Guide. **Interference Technology Guide Series**. Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ETS.LINDGREN COMPANY. **EMC Test and Measurement**, Disponível em: <http://www.ets-lindgren.com>. Acesso em: 20 Set. 2018.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A.; PERALA, R. A. **Lightning protection of aircraft**. 3. ed. Pittsfield, MA: Lightning Technologies Inc., 1990.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A. **Lightning protection of aircraft**. National Aeronautics and Space Administration. NASA Reference Publication N° 1008, Washington, DC, 1977.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES, **EMC Teste e**

Medição, Disponível em: <http://www.keysight.com/br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MILITARY & AEROSPACE EMC 2018 Guide. **Interference Technology Guide Series**, Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 17 out. 2018.

MORGAN, D. A Handbook for EMC Testing and Measurement, **IET Electrical Measurement Series 8**, 2007.

RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR AERONAUTICS. **Environmental conditions and test procedures for airborne equipment**. RTCA / DO-160, rev. G, Washington, DC, 2010.

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG. **EMC Teste e Medição**. Disponível em: <http://www.rohde-schwarz.com/br>.

SOLAR ELECTRONICS COMPANY. **Equipments for EMI**. Disponível em: <http://www.solar-emc.com>. Acesso em: 18 set. 2018.

USER TEST PLANNING GUIDE. **Electromagnetic Interference/Compatibility (EMI/EMC) – Control Test and Measurement Facility**, NASA-Lyndon B. Johnson Space Center, Houston, Texas, 2016.

Implementation and automation of the electromagnetic compatibility measurement laboratory to provide services to Aeronautical Command Research Institutes and companies in the aerospace sector

Implementación y automatización del laboratorio de medición de compatibilidad electromagnética para prestar servicios a los Institutos de Investigación de Comando Aeronáutico y a las empresas del sector aeroespacial

Implantação e automatização do laboratório de medições de compatibilidade eletromagnética para prestação de serviços aos Institutos de Pesquisa do Comando da Aeronáutica e empresas do setor aeroespacial

Sérgio Baptista de Oliveira^I
Carlos do Nascimento Santos^{II}

ABSTRACT

This article aims to present the technical tests of electromagnetic compatibility (EMC) in some equipment, minimizing the electromagnetic interference (EMI) in its normal operation for which it was designed, performed in a military laboratory, at a development level, according to the international technical standards. This laboratory, which is innovative for the Aeronautical Command in this type of service provision, was implemented and is in the automation phase. Specific software was developed and has been used to sweep the execution of the frequency range that is repetitive during the process of certain types of testing required by the standard. This laboratory was created to serve mainly space projects and military aviation systems of the Air Force Command, but this service can be extended to other military aerospace institutions, such as research institutes, and can even attend development projects in the civil aerospace field. To demonstrate the technical capacity of this innovative and recently implemented laboratory to provide this type of service at EMC, at a development level and with future expectations for accreditation by INMETRO, some tests were carried out in a military

space design system of aeronautics, following all levels and standards established according to a specific international military technical standard.

Keywords: EMC. EMI. Technical standards. Test laboratory. Development.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar las pruebas técnicas de compatibilidad electromagnética (EMC) en un equipo, minimizando la interferencia electromagnética (EMI) en su funcionamiento normal para el que fue diseñado, realizadas en un laboratorio en el área militar, a nivel de desarrollo, de acuerdo con normas técnicas estandarizadas internacionalmente. Este laboratorio, que es innovador para el Comando de la Fuerza Aérea en este tipo de prestación de servicios, se implementó y está siendo automatizado con el uso de un software específico, desarrollado para escanear la ejecución del rango de frecuencia que es repetitivo durante el proceso de ciertos tipos de pruebas requeridas por la norma. Este laboratorio fue creado para servir principalmente proyectos espaciales y sistemas de aviación militar del Comando de la Fuerza

I. Department of Aerospace Science and Technology (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brazil. Major Weapons Specialist of the Brazilian Air Force (FAB). Email: sergiosbo@ifi.cta.br

II. Department of Aerospace Science and Technology (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brazil. Doctor Degree in Mechanical Engineering in the Area of Materials by Universidade Estadual Paulista (UNESP). Email: nascimentoocns@ifi.cta.br

Received: 11/21/18

Accepted: 07/24/19

Aérea, pero este servicio puede extenderse a otras instituciones aeroespaciales militares, de institutos de investigación, e incluso puede asistir a proyectos de desarrollo en el área aeroespacial civil. Para demostrar la capacidad técnica de este laboratorio innovador e implementado para proporcionar este tipo de servicio en EMC, a nivel de desarrollo y con expectativas futuras para la acreditación por INMETRO, se realizaron pruebas en un sistema de diseño de espacio militar de aeronáutica que sigue todos los niveles y estándares establecido en una norma técnica militar internacional específica, requerida.

Palabras clave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratorio de pruebas. Desarrollo.

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar os ensaios técnicos de compatibilidade eletromagnética (EMC) em um equipamento, minimizando a interferência eletromagnética (EMI) em seu funcionamento normal para o qual foi projetado, executados em laboratório em área militar, em nível de desenvolvimento, segundo normas técnicas padronizadas internacionalmente. Esse laboratório, que é inovador para o Comando da Aeronáutica nesse tipo de prestação de serviços, foi implantado e está em fase de automatização com a utilização de softwares específicos, desenvolvidos para varrer-se a execução da faixa de frequência que é repetitiva durante o processo de determinados tipos de ensaio exigidos pela norma. Esse laboratório foi criado para atender principalmente sistemas de projetos espaciais e da aviação militar do Comando da Aeronáutica, mas esse serviço pode ser estendido a outras instituições militares aeroespaciais, de institutos de pesquisa, podendo inclusive atender projetos de desenvolvimento na área aeroespacial civil. Para demonstrar a capacidade técnica desse laboratório inovador e implantado para prestar esse tipo de serviço em EMC, em nível de desenvolvimento e com expectativas futuras de acreditação pelo INMETRO, foram executados ensaios em um sistema de projeto espacial militar da aeronáutica seguindo todos os níveis e padrões estabelecidos em norma técnica internacional militar específica, exigida.

Palavras-chave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratório de ensaios. Desenvolvimento.

1 INTRODUCTION

All systems with electrical and electronic equipment are susceptible to certain levels of electromagnetic interference noise (EMI) or are also potential generators, so that they may or may not

affect their normal operation to which they have been designed. These interferences may be at driven emissions level (EC) or by conducted susceptibilities (CS), at their wiring or at these wire cabling. These signals may also come from the indirect effect of the impact of atmospheric rays on aircraft or on power transmission lines.

Interference stemming from irradiated emissions (RE) or by irradiated susceptibilities (RS) comes from its electronic circuit, or by radio frequency (RF) in all types of telecommunications. Close to airport areas, weather stations, rocket launch, there are radar signals, navigation, communication and telemetry that interfere as high intensity irradiated electromagnetic fields (HIRF).

The electromagnetic environment in which this system is inserted should be analyzed in terms of its electromagnetic compatibility, that is, this system should work properly with no interference and without interfering as a generating source of EMI and other equipment in the area. Depending on how and where it will be used, whether in a military or civilian area the equipment will be developed and certified in laboratories accredited with qualified personnel, where accepted technical standards are applied. In some applications, harmonized standards, developed by international technical committees that meet regularly, studying and promoting updates, are also employed.

World governments have certifying agencies that oversee the production and sale of these different equipment. One of the great effects of the electronic interference in the military area is in the well-known electronic warfare in which actions are involved to prevent or reduce the effective use of the enemy's electromagnetic spectrum, as well as to destroy, neutralize or degrade its combat capability, using electromagnetic energy or weapons that uses the target intentional emission for its equipment guidance, whether on land, sea or air. These electronic attack measures generally include navigation systems, data network communication, voice, links and also by surveillance radar systems, acquisition and (or) monitoring or shooting, and infrared and visual optical systems. Such equipment is designed and must be shielded and not susceptible to these levels of harmful electromagnetic interference signals.

Within the civil area in aviation, maritime, automotive industry or the electronics industry for the different applications, electromagnetic compatibility

tests are also necessary and equivalent, but armored levels to these undesirable electromagnetic signals are not so rigorous and high, which would make the final product more expensive. Therefore, specific standards and their accuracy for each area of application are necessary.

During certain types of tests, there are frequency ranges that are swept, step by step, making the process repetitive, which is often tiring and time consuming for the specialist. That was one of the reasons for developing specific automation software due to the assembly with the test equipment and the repetition of the process.

In this article we aim to present the electromagnetic compatibility tests performed in aerospace equipment, with defense technology, in an implemented laboratory, in the automation phase to meet the needs of the Aeronautics Command.

2 BIBLIOGRAPHIC REVIEW

In this article the main applicability will be for the military field of the air force and aerospace and the main technical standard will be the military standard MIL - STD-461, Revision G.

In electromagnetic compatibility tests, according to the main military or civilian technical standards are divided into conducted emissions (EC), or conducted susceptibilities (CS), or irradiated emissions (RE), or irradiated susceptibilities (RS). In these types of tests, Line Impedance Stabilization Network (LISN) is used as one of the power supply line functions in alternating or continuous electric current of the equipment under testing (ESE) to ensure that there is no interference in these signals.

2.1 Conducted emission test CE102

This test is used to verify the noisy conducted electromagnetic emissions that arise through the electrical power supply cables of the equipment under test (ESE). According to MIL-STD-46 the frequency range specified for the assay is 10 kHz to 10 MHz. It should include return cables and those that are sources of other equipment and were not part of the ESE, but have influence on it.

Established and adjusted by the standards, the acceptable limits of interference that the ESE equipment must withstand, the laboratory test setup is set up and ESE operation is constantly monitored in order to assess whether it will work properly within the specified frequency range and limits.

2.2 Susceptibility-driven essay CS101

According to MIL-STD-461 the frequency range specified for the test is 30 Hz to 150 kHz. This test is used to verify ESE capacity to withstand noisy signals coupled to low-frequency power supply cables. It is applicable to alternating current equipment and subsystems, limited to electric current less lower than or equal to 30 amperes per phase and direct current input feed conductors, not including returns.

If the ESE is operated with direct current (DC), or alternated current (AC), this assay is normally applicable over the range of 30 Hz to 150 kHz. If the ESE is operated with alternating current, this assay is applicable from the second harmonic of the ESE power frequency extending up to 150 kHz.

Established by the standard of the acceptable limits of interference noise that the ESE equipment must withstand, the laboratory test setup is set up and this signal is applied to the ESE, which is constantly monitored, to assess whether it will work properly within the specific frequency range.

2.3 Susceptibility-driven essay CS114

According to MIL-STD-461, the frequency range specified for the test is 10 kHz to 200 MHz. This test procedure is used to verify ESE capacity to withstand noisy signals, coupled to the interconnection and power supply cables of this equipment in this range frequency.

Established by the standard, the acceptable limits of interference noise that ESE equipment must withstand, the laboratory test setup is set up and this signal is applied to ESE, which is constantly monitored to assess whether it will work properly within the specified frequency range.

2.4 Susceptibility-driven essay CS115

In this assay noisy pulsed signals are injected into the power cables or ESE data signals. This test procedure is used to verify ESE capacity to withstand impulse of these noisy signals coupled to power supply cables of energy, data, or grounded systems of the interconnection cables. The pulse level used for the test is specified according to MIL-STD-461.

Once this level is established, the laboratory test setup is set up and this signal is applied to ESE, which is constantly monitored to assess whether it will work properly.

2.5 Susceptibility-driven essay CS116

In this assay, according to MIL-STD-461, it is worked the injection of a noisy signal of sine transient pulsed current dampened in the frequency range from 10 kHz to 100 MHz. This signal is injected into the power supply cables or in ESE data signals.

Established by the standard this level of signal, the assay is set up in laboratory and this signal is applied to ESE, which is monitored all the time, to check its capability of withstanding signals coupled to the power supply cables of energy, data or grounded systems of the interconnection cables, that is, ESE should work properly in the presence of these transient pulses of signals within the specified frequency range.

2.6 Irradiated emission assay RE102

This test, according to MIL-STD-461, is used to verify the irradiated emissions of electric fields from ESE, as well as its subsystems and associated wiring that may interfere with other equipment installed in this space.

This assay is performed in an anechoic chamber and normally applicable over the frequency range from 10 kHz to 18 GHz. Above 30 MHz the vertical and horizontal polarizations of the antennas are applied. Depending on the frequency range, an antenna with its own characteristics should be used. They are known as the ROD antenna, to sweep the 9 kHz to 30 MHz range, BICONILOG antenna, to sweep the range from 26 MHz to 6 GHz, and DOUBLE RIDGE HORN antenna, to sweep the range from 750 MHz to 18 GHz.

The antennas are positioned one meter away from ESE and at a height of 1.20 m from the ground, according to the standard. The intensity of the electric field radiated by the ESE is monitored in the specified frequency range and its limit is compared to the one which is specified by the standard. The result of this monitoring is represented in a graph with the measured and irradiated limits of ESE and the one specified by the standard.

2.7 Irradiated emission assay RS103

This assay, according to MIL-STD-461, is used to check ESE capacity to withstand radiated emissions of electric field interference on it, as well as its subsystems and associated wiring coming from other equipment installed in this neighborhood, or from other sources in this environment.

This assay can be performed in anechoic or reverberation chamber. The electric field intensity is 20 Volts per meter for space projects and 200 Volts per meter for military aviation, according to the standard. This requirement is normally applicable over the frequency range from 10 kHz to 18 GHz. Above 30 MHz the vertical and horizontal polarizations of the antennas are applied.

This test is similar to RE102 only that now the ESE, its wiring and subsystems are being irradiated by the electric field emitted by the antennas. Depending on the frequency range, an antenna with its own characteristics should be used. They are known as ROD antenna, to sweep the range from 9 kHz to 30 MHz, BICONILOG antenna, to sweep the range from 26 MHz to 6 GHz, and DOUBLE RIDGE HORN antenna, to sweep the range from 750 MHz to 18 GHz.

The antennas are positioned one meter away from ESE, or its wirings, and at a height of 1.20 m from the ground, according to the standard.

The limit for electric field intensity is adjusted to the standard for applicability in air force or aerospace projects. During the test, an electric field sensor is constantly positioned as close as possible to ESE, its wirings and subsystems to check the intensity of the radiated electric field on this setup. The assay, according to its complexity, can be repeated several times, in which the positions of the sensor and antennas are varied to sweep all the critical points of this assembly system, as specified in standard.

3 METHODOLOGY

The main objective of this technical methodology is to demonstrate the laboratory capacity to perform this type of EMC assay, with prospects for extending this service provision, at the development level, but with future expectations of accreditation.

To demonstrate the EMC compatibility tests in this DCTA/IFI laboratory, a certain system that composes an aerospace vehicle of the DCTA/IAE was used, preserving some technical details due to the secrecy of the military technology involved, as well as the assembly to rehearse it.

This system has one or more ESE appliances, composed of its wiring, cabling, connectors and subsystems. Both the configuration of the layout of this system and the equipment for the test and the assembly table are standards that follow the rule. The EMC test table used in the laboratory

follows standard according to MIL-STD-461, with copper sheet earth plan and grounding connections in external laboratory earth mesh designed for this purpose. The non-conductive part used under the conductive table is an insulating styrofoam plate. The test laboratory equipment represented in the figures and used in each type of test are broken down and/or represented by letters A, B, C, D, E, F, or G. The others, non-discriminated are only part of the test bench, should be used according to the type of test.

ESE system is normally operated by the designer, during laboratory testing, as if it were operating under normal conditions in his space vehicle, so that he can analyze its normal operability within these EMI limits acceptable by the standard. The standards and the equipment which are used in the laboratory, are constantly being updated.

Technical documents of internal procedures for the execution of these types of tests are kept in the DCTA/IFI Laboratory which strictly follow what is determined by the standard, specify the adjustment phases of the equipment and test ESE system and its wiring, which are constantly evaluated and, if necessary, a new revision is issued. The result data presented by the laboratory, depending on the type of test, can be provided in graphs or tables, but only the designer can declare whether or not the system worked properly.

3.1 Conducted emission assay CE102

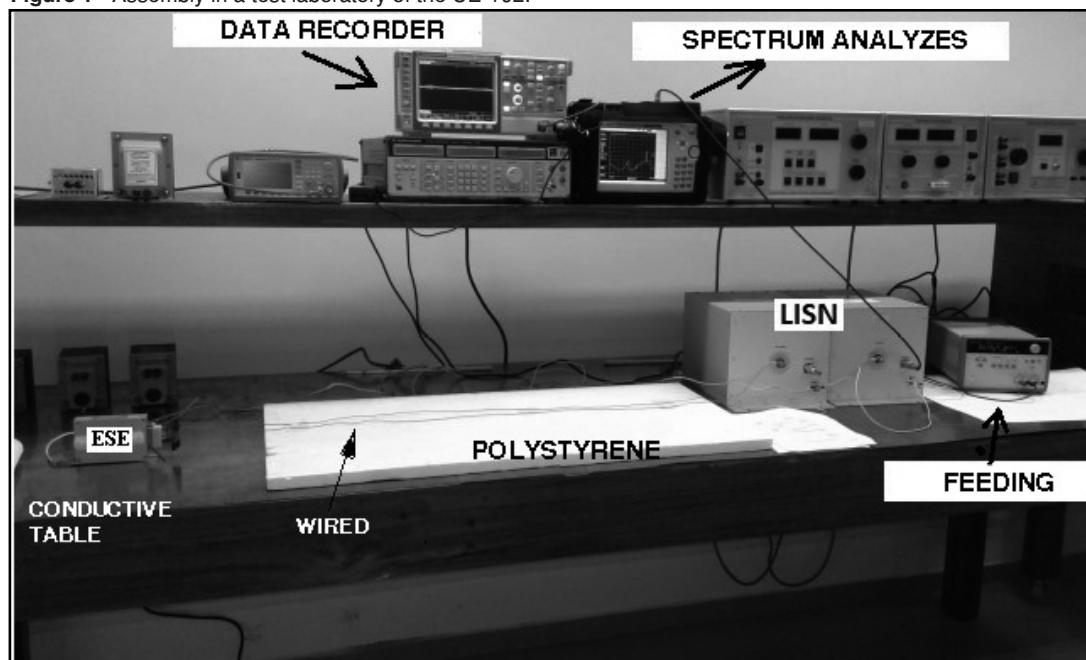
For this type of test, the first phase is called calibration, according to the standard in which only the equipment checking and adjustment is made, without ESE, according to the levels specified in this standard by sweeping the frequency range from 10 kHz to 10 MHz. The second phase, in which the equipment is already adjusted and using ESE, is the test whereby this type of emission is observed. The representative assembly for this laboratory test is described in Figure 1 and the equipment used in the test is described.

This test verified the electromagnetic emission signals conducted by means of ESE power supply cables, that is, it evaluated the signal that interferes with this equipment in relation to the limit acceptable by the standard and that was adjusted in the first phase. It also included return cables and the ones that are sources of other equipment that are not part of ESE, but should be influence it. ESE, LISN and equipment are arranged in the conductive part of the test table. The wiring is under insulating material in this case, styrofoam.

Figure 2 shows the measured result of the noisy signal level (signal amplitude in microvolt decibels - dBuV) in ESE, compared to the limit established by the standard in the specified frequency range.

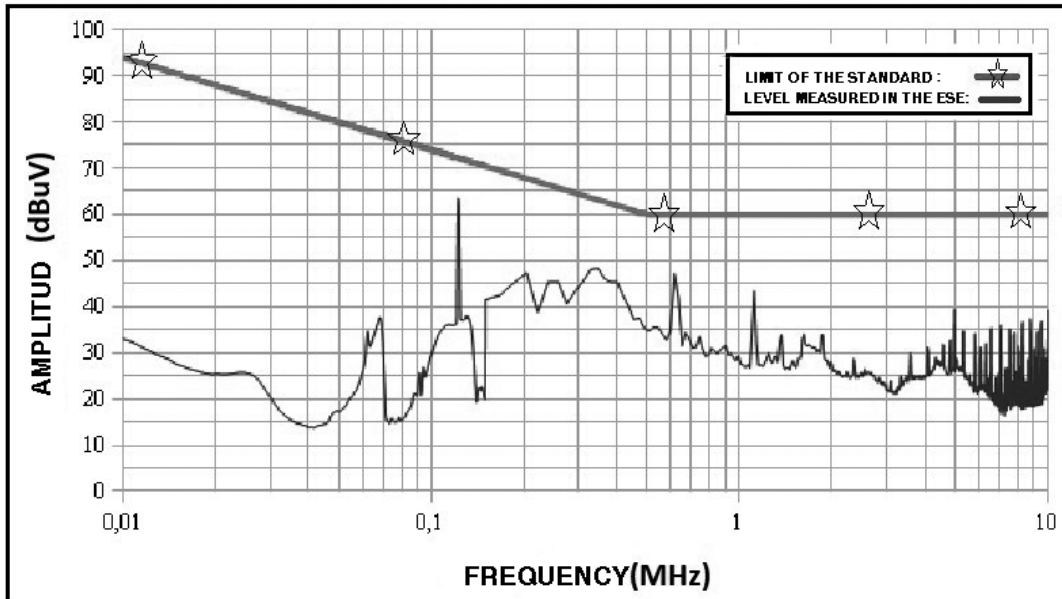
The distances of wiring, equipment and ESE system, in general follow the standards of the rule, but are not indicated in the assembly of Figure 1.

Figure 1 - Assembly in a test laboratory of the CE-102.



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figure 2 - Result model obtained from the emission test conducted on the ESE.



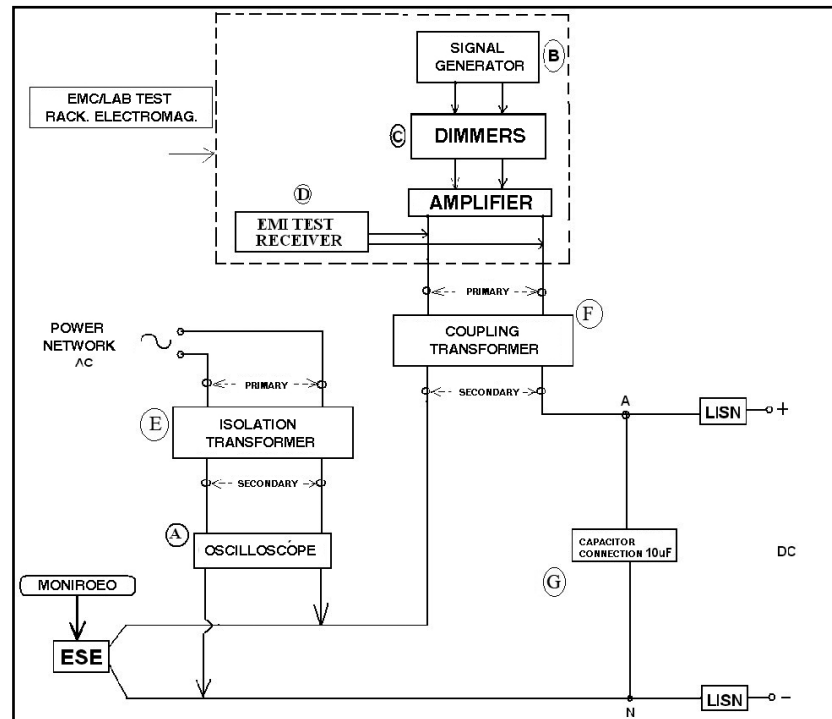
Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

3.2 Susceptibility-driven assay CS101

For this type of test, the first phase is called calibration, according to the standard in which only the equipment checking and adjustment are made, without ESE, according to the specified levels in the standard by sweeping the frequency range from 30 Hz to 150 kHz.

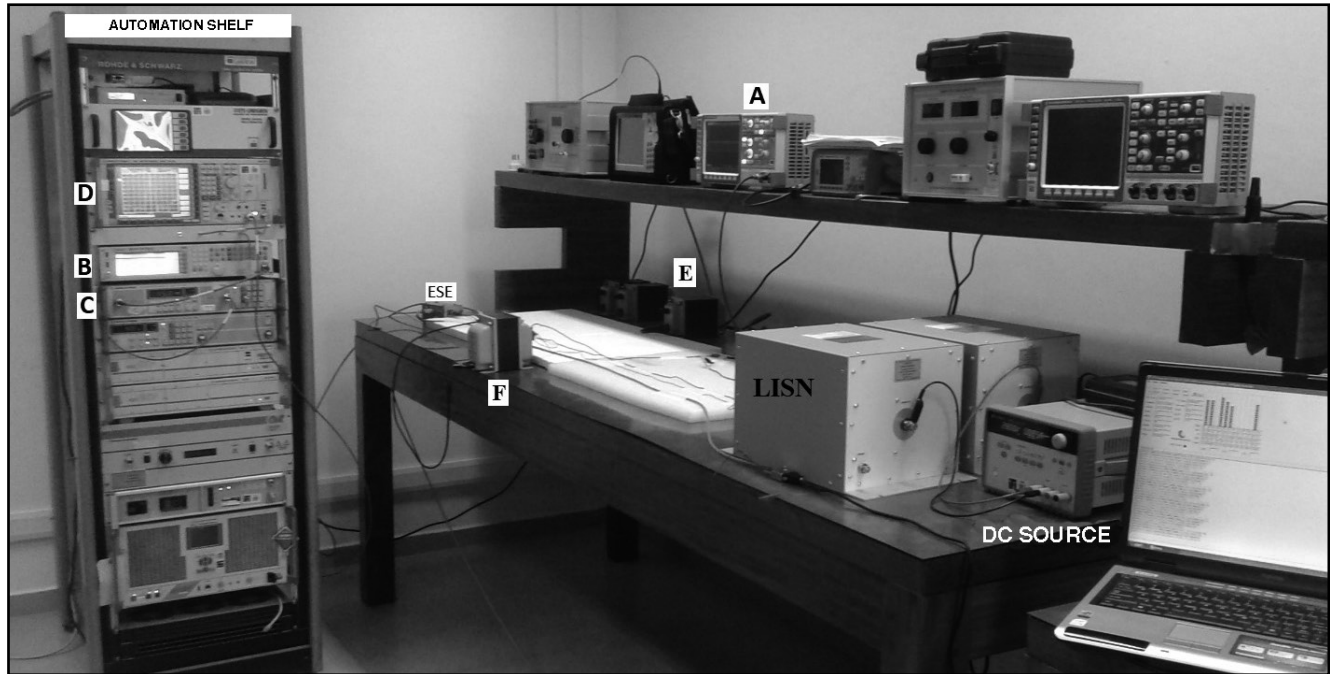
The second phase, in which the adjusted equipment and ESE are used, is the test in which this type of susceptibility conducted will be observed. In this case, this signal level is scanned on ESE power supply cables in the frequency range of the first phase. The representation and assembly for this laboratory rack-automation test are described in Figures 3 and 4.

Figure 3 - Diagram of the assembly scheme with portable laboratory Rack for testing with CS-101 automation.



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figure 4 - CS-101 test laboratory assembly with ESE and its wiring.



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA with the automation rack.

The IFI laboratory has developed a portable automation rack, where the necessary equipment for these types of assays are assembled and integrated. The equipment operates automatically, controlled and programmed by software to perform each type of test according to the standard. The test wirings interconnect ESE and LISN. The equipment used for this type of test is represented by the letters A, B, C, D, E, F and G respectively. Capacitor G, which does not appear in Figure 4, is connected to the positive feeding phase of ESE being coupled to LISN output. The amplifier is coupled to the output of the signal generator in the automation rack.

The others are just on the bench and will be used according to the type of test. ESE, LISN and equipment are arranged in the conductive part of the test table. The wiring is under insulating material, styrofoam. The distances of cabling, equipment and ESE system follow the standards, but they are not indicated in Figure 4.

During the test, the system operation is constantly monitored, and any anomaly or not is recorded by the designer.

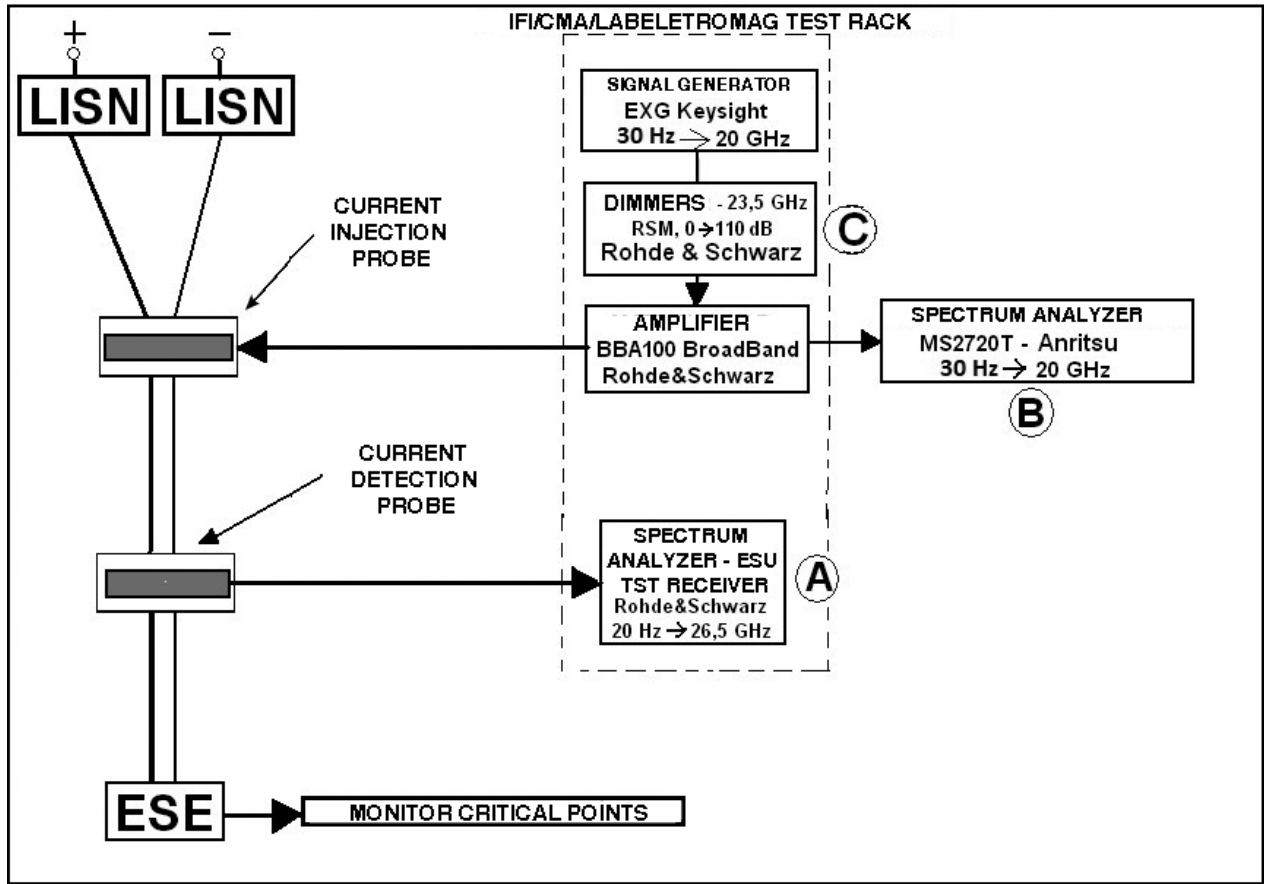
3.3 Susceptibility-driven assay CS114

For this type of test, the first phase is called calibration, according to the standard for FAB and Space project design characteristics, in which only the equipment checking and adjustment, without ESE, is done, according to the levels specified in this standard, by scanning the frequency range from 10 kHz to 200 MHz. The second phase, in which the adjusted equipment and ESE are used, is the test in which this type of susceptibility conducted is observed. The assemblies for the automated test with laboratory rack are described in Figures 5 and 6. The test wiring is connecting ESE and LISN. In this assay, equipment A and B are used as signal receivers.

After adjusting the test equipment, this signal level is scanned on ESE power and interconnect cables in the specified frequency range. In the assay, ESE capacity to withstand noisy signals coupled to its interconnection and power supply cables was verified.

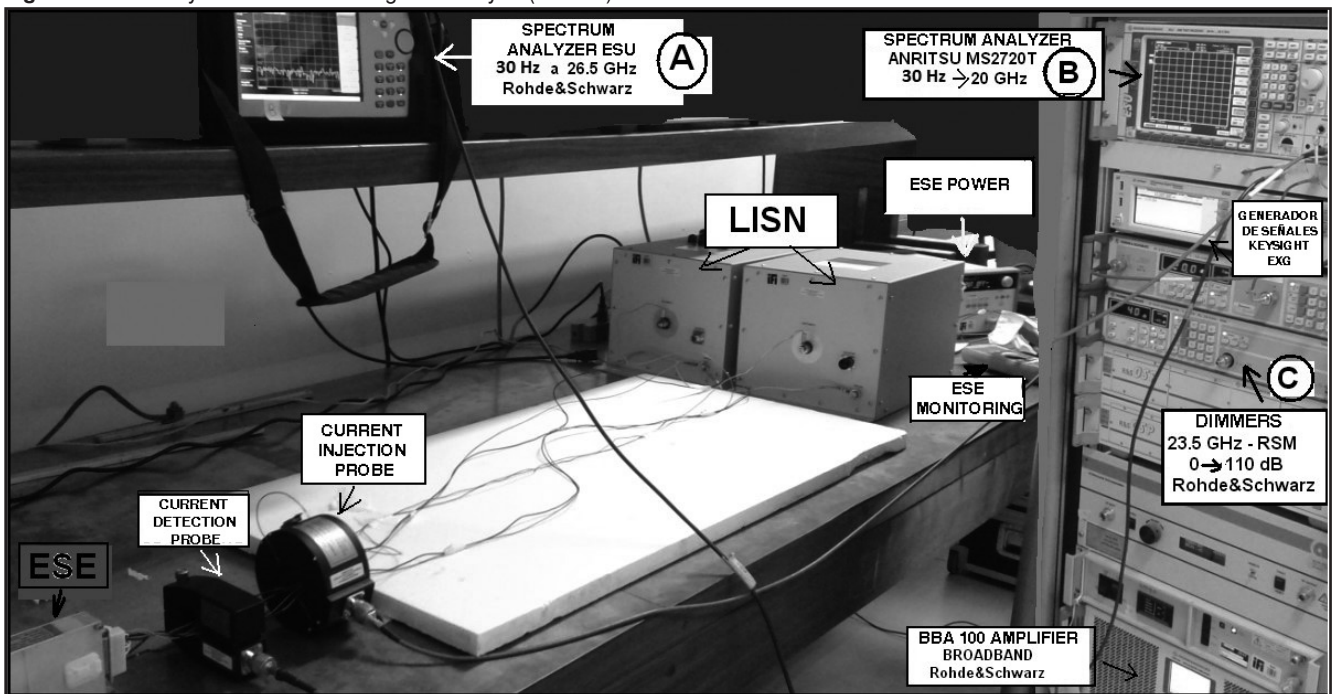
During the test, the operation of the system is constantly monitored, and any anomaly or not is recorded by the designer.

Figure 5 - Laboratory assembly diagram for automated testing of (CS-114).



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figura 6 - Assembly in automated testing laboratory of (CS-114).



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

3.4 Susceptibility-driven assay CS115

For this type of test, the first phase is called calibration, according to signal levels by the standard, in which only the equipment verification and adjustment are made, without ESE. In the second phase, in which the equipment is adjusted, pulsed signals are injected into the power cables or data signals of ESE, where this type of susceptibility conducted will be observed. The assembly for the test is described in Figure 7. Equipment A is the signal injection probe, B is the measuring probe, C is a signal attenuator not to damage the oscilloscope, and D are the spacers of 5 cm. The test wiring is connecting ESE and LISN. The other non-discriminated equipment is just on the bench and is ESE power signal.

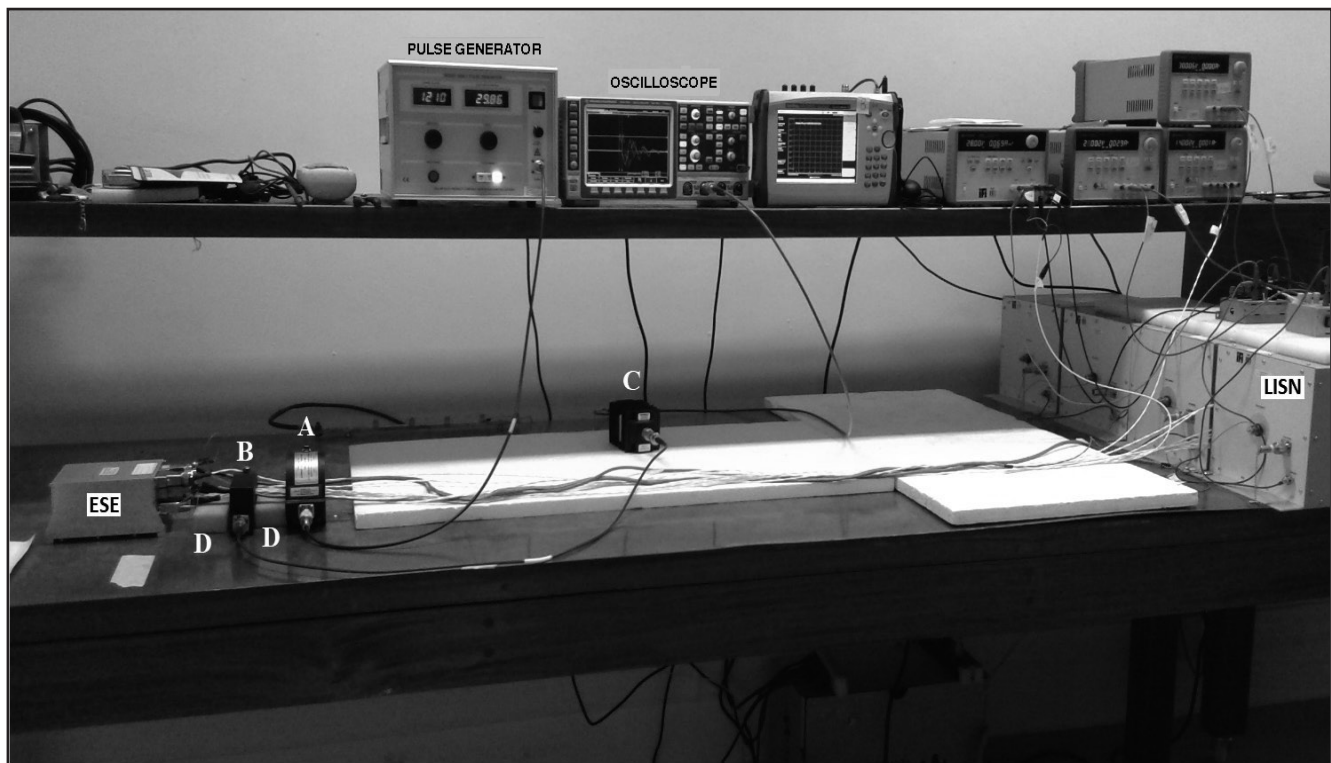
The test verifies ESE capacity to withstand impulse interference signals coupled to its power supply cables of energy, data or grounded systems of its interconnection cables. During the test, the system operation is constantly monitored, and it is recorded whether there is any anomaly, or not, by the designer.

3.5 Susceptibility-driven assay CS116

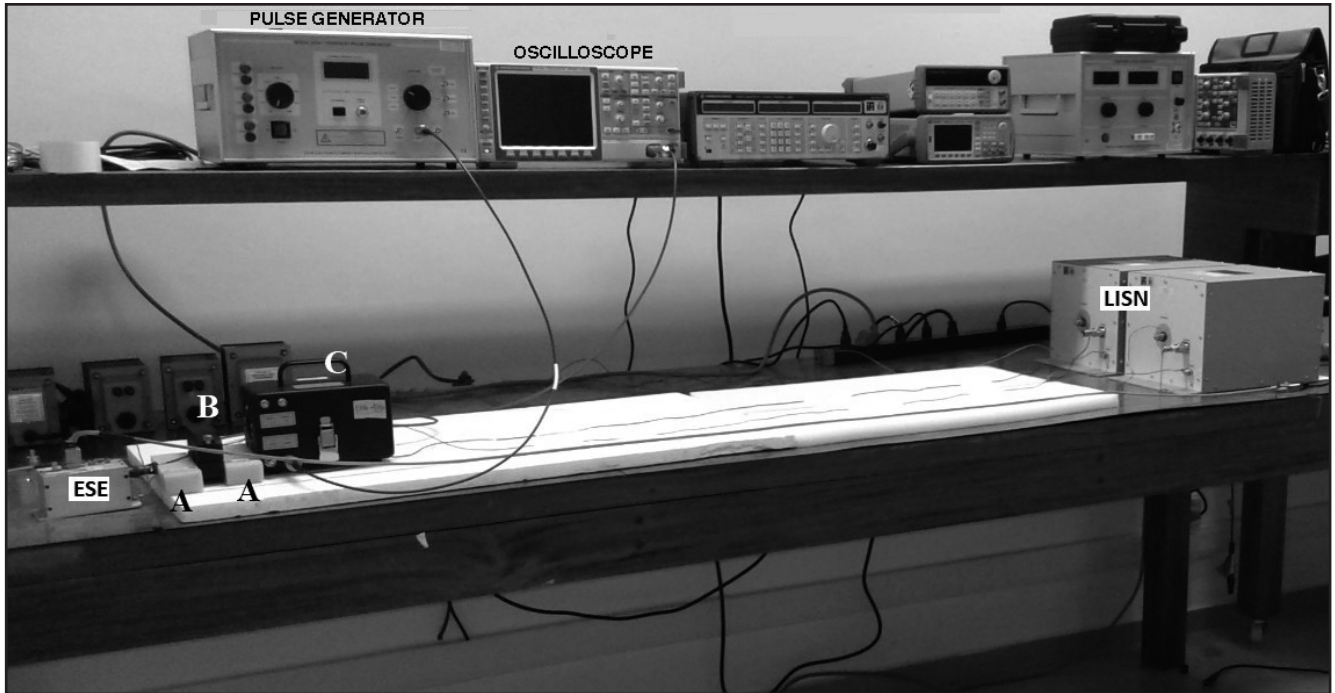
For this type of test, the first phase is called calibration, according to signal levels by the standard, in which only the equipment verification and adjustment are made, without ESE. In the second phase, in which the equipment is adjusted, this signal of sine pulsed current is injected, in the frequency range from 10 kHz to 100 MHz, into the power supply cables or data signals from ESE where this type of susceptibility conducted will be observed. The laboratory assembly for the test is described in Figure 8. The test wiring is connecting ESE and LISN. The 5 cm spacers are represented by A, equipment B is the measuring probe, and C is the signal injection probe. The other non-discriminated equipment is just on the bench. It's not part of this test.

The test verifies ESE capacity to withstand interference signals coupled to its power supply cables or data signals in the specified frequency range. During the test, the system operation is constantly monitored, and it is recorded whether there is any anomaly, or not, by the designer.

Figure 7 - Assembly in test laboratory CS115.



Source : Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figure 8 - Assembly in test laboratory CS-116.

Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

3.6 Irradiated emission assay RE102

In the first phase of this type of test, called calibration by the standard, adjustment and verification of the equipment and the antennas are made, according to limits of electric field intensity (amplitude in microvolt decibels per meter - dBuV/m) acceptable by the standard. In this phase, the ROD, BICONILOG and DOUBLE RIDGE HORN antennas are positioned, according to its frequency range between 10 kHz to 18 GHz, one meter away from ESE or its cabling and ground height of 1.20 m.

In the second phase of the test, when ESE equipment is working normally, the intensity of electric field irradiated in dBuV/m is used by this system consisting of ESE and its wiring. These emission levels produce the effects of noisy signals and must be between the limits established in the standard and adjusted in the first phase. Depending on the complexity of this system and the size of its wiring, this test can be repeated several times until it covers the entire angle of antenna coverage. The configurations of the assemblies for the laboratory assay are described in Figure 9, from 10 kHz to 30 MHz, figure 10, from 30 MHz to 200 MHz, and figure 11, from 200 MHz to 18 GHz, respectively. The test wirings connect ESE and LISN and are on the styrofoam.

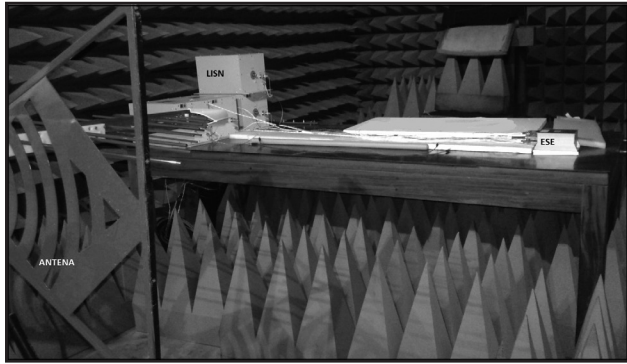
This type of test was carried out inside the anechoic chamber of the IFI laboratory that has EMI absorbers, precisely to ensure that the electromagnetic signals present

Figure 9 - Positioning of the ROD antenna for RE-102 testing.

Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

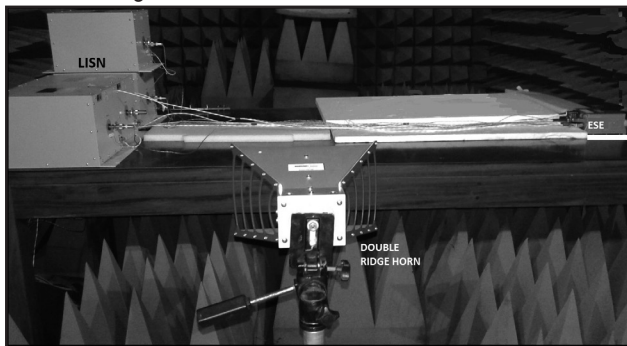
in this setup, are only those coming from the ESE system plus the wiring are measured by the antennas inside. The other equipment that is part of the antenna measurement system is arranged on the outside of the camera and is set up according to the IFI portable automation rack, as shown in Figure 4. During the test, ESE operation is constantly monitored and the frequency bands established are swept. Part of the result of the measurement of irradiated emission levels of ESE, compared to the levels acceptable by the standard, is presented in Figure 12. The frequency range presented is between 1GHz and 18 GHz in horizontal polarization with the level of signal amplitude irradiated electric field, in dBuV/m.

Figure 10 - Positioning of the BICONILOG antenna for RE-102 testing.



Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figure 11 - Positioning of the DOUBLE RIDGE HORN antenna for RE-102 testing.



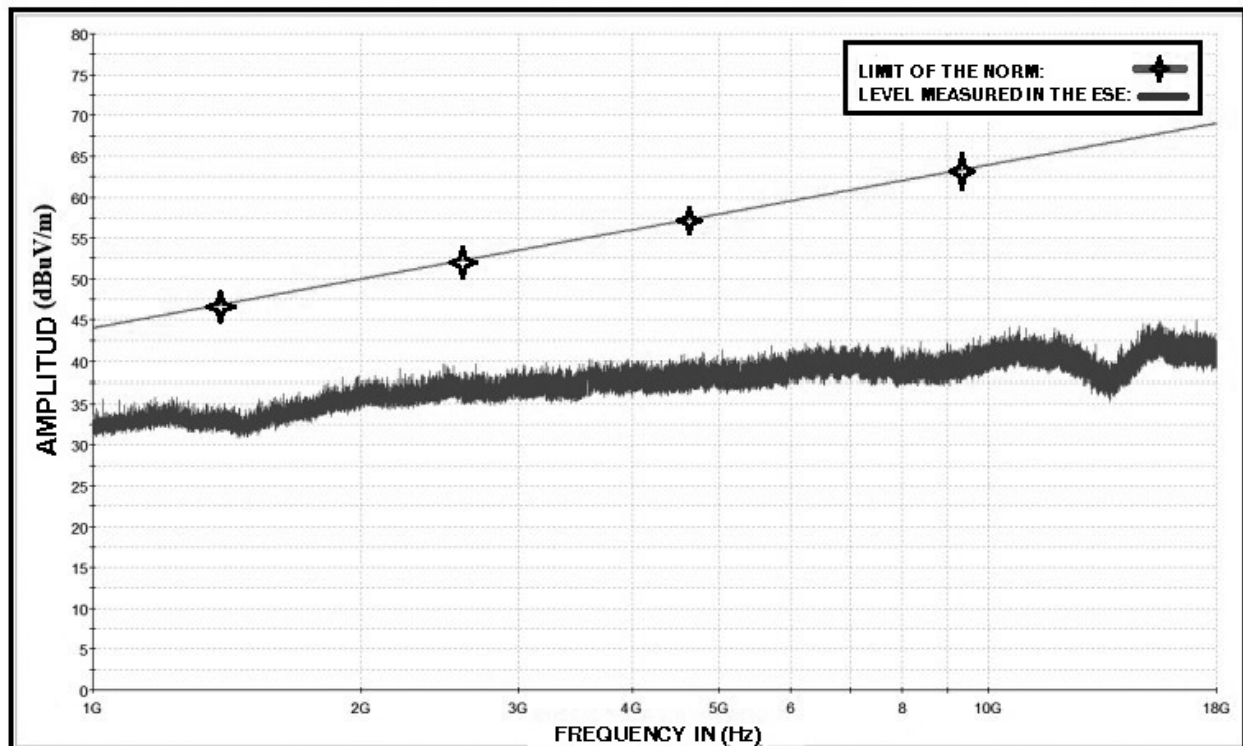
Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

3.7 Irradiated susceptibility assay RS103

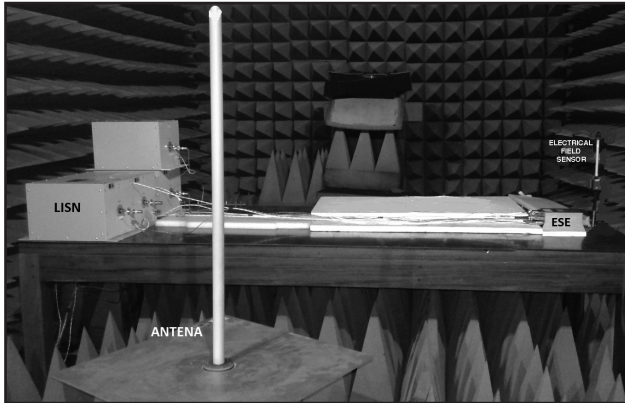
In the first phase of this type of test, called calibration by the standard, only adjustments and verification of the equipment and the antennas are made, according to limits of electric field intensity (amplitude in microvolt decibels per meter - dBuV/m) acceptable by the standard. In this phase, the ROD, BICONILOG and DOUBLE RIDGE HORN antennas are positioned, according to its frequency range between 10 kHz to 18 GHz, one meter away from the ESE or its cabling and ground height of 1.20 m.

This test is similar to RE102, however, only now the antennas radiate a noisy electric field signal, initially adjusted over ESE system and wiring. This signal is constantly monitored by an electric field intensity sensor, positioned as close as possible to this system. The electric field intensity is 20 Volts per meter, specified in standard for space projects. The configurations of the assemblies for the laboratory test are described in Figure 13, from 10 kHz to 30 MHz, figure 14 from 30 MHz to 200 MHz, and figure 15, from 200 MHz to 18 GHz, respectively.

Figure 12 - Model of the result obtained from the RE102 test in ESE.



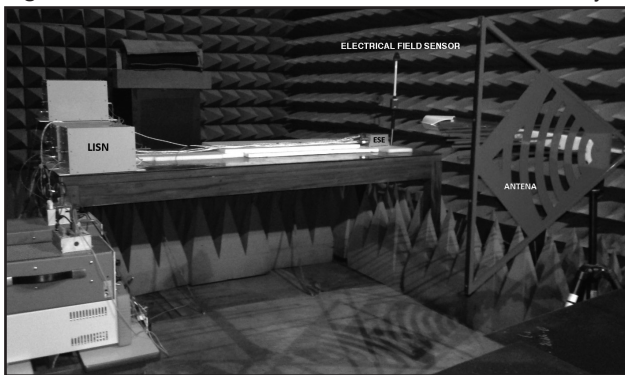
Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Figure 13 - ROD antenna for RS-103 test run in laboratory.

Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

This type of test was carried out inside the anechoic chamber of the IFI laboratory, in which there are EMI absorbers precisely to ensure that the electromagnetic signals, in this case the electric field, generated and irradiated on this assembly of ESE system plus wiring, are only those coming from the antennas inside. The other equipment that is part of the signal generation system for the antennas and signal measurement of the electric field sensor, was arranged on the outside of the camera and was set up according to the IFI portable automation rack, as shown in Figure 4.

During the test, the system operation is constantly monitored, and any anomaly or not is recorded by the designer.

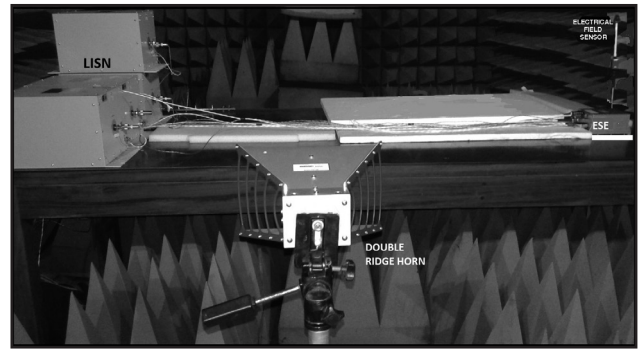
Figure 14 - BICONILOG antenna for RS-103 test run in laboratory.

Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

4 CONCLUSION

This article presents EMC electromagnetic compatibility tests in a system developed in the aerospace area of defense technology of the Aeronautics Command, for the Aerospace Institute, IAE, mainly taking as reference the technical requirement MIL-STD-461 of American standard, with its revision G.

The Laboratory of Electromagnetic Tests (Labeletromag) of the Division of Metrological Reliability, CMA, at the

Figura 15 - DOUBLE RIDGE HORN antenna for RS-103 test, run in laboratory.

Source: Electromagnetic testing laboratory DCTA/IFI/CMA.

Institute of Industrial Promotion and Coordination, IFI, of the Department of Aerospace Science and Technology DCTA, in São José dos Campos (SP), is deployed, in the automation phase, but already performs these types of technical-specialized EMC testing services on conducted emissions or susceptibilities, (CE) and (CS), and radiated emissions or susceptibilities, (RE) and (RS), at product development level, to meet projects in the aerospace area of defense technology of the Air Force Command.

Service that can be extended to other military institutions of the Ministry of Defense, civil industries in the aerospace sector, educational and research establishments. This type of innovative service, in this area in the IFI and for the Air Force Command, has already performed tests for a Navy weapons project and has the Army also in partnership. The laboratory has provided a partnership, at the development level, for EMBRAER military or civil aviation projects, since its development and certification tests are carried out almost entirely abroad. The norm followed by civil aviation, the main one being the RTCA/DO-160, Revision G, through sections 18 to 23, can be mostly performed in this laboratory. In Brazil the main laboratory that has been able to meet this type of service has been the National Institute of Space Research (INPE) but, with the great demand for its services by the national automobile industry, the wait for the execution of the tests ends up compromised by other sectors of the military or civil aerospace areas of research and development.

This type of technical service offered is of great importance for autonomy and development of the country, since much of this service is performed abroad. The laboratory also has a reverberation chamber in operation, to perform tests of irradiated susceptibility, being the only one in the country. With the implementation of Labeletromag in the IFI, an alternative has been offered to meet this service demand in Brazil.

REFERENCES

AR, RF/Microwave Instrumentation. Disponível em: <http://www.arworld.us>. Acesso em: 12 set. 2018.

DEPARTMENT OF DEFENSE INTERFACE STANDARD, **Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment**, MIL-STD-461, Rev. G, Washington, DC, 2007.

EMC 2018 Testing Guide. **Interference Technology Guide Series**. Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ETS.LINDGREN COMPANY. **EMC Test and Measurement**, Disponível em: <http://www.ets-lindgren.com>. Acesso em: 20 Set. 2018.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A.; PERALA, R. A. **Lightning protection of aircraft**. 3. ed. Pittsfield, MA: Lightning Technologies Inc., 1990.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A. **Lightning protection of aircraft**. National Aeronautics and Space Administration. NASA Reference Publication Nº 1008, Washington, DC, 1977.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES, **EMC Teste e**

Medição, Disponível em: <http://www.keysight.com/br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MILITARY & AEROSPACE EMC 2018 Guide. **Interference Technology Guide Series**, Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 17 out. 2018.

MORGAN, D. A Handbook for EMC Testing and Measurement, **IET Electrical Measurement Series 8**, 2007.

RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR AERONAUTICS. **Environmental conditions and test procedures for airborne equipment**. RTCA / DO-160, rev. G, Washington, DC, 2010.

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG. **EMC Teste e Medição**. Disponível em: <http://www.rohde-schwarz.com/br>.

SOLAR ELECTRONICS COMPANY. **Equipments for EMI**. Disponível em: <http://www.solar-emc.com>. Acesso em: 18 set. 2018.

USER TEST PLANNING GUIDE. **Electromagnetic Interference/Compatibility (EMI/EMC)** – Control Test and Measurement Facility, NASA-Lyndon B. Johnson Space Center, Houston, Texas, 2016.

Implementación y automatización del laboratorio de mediciones de compatibilidad electromagnética para la prestación de servicios a los Institutos de Investigación del Comando de la Aeronáutica y a las empresas aeroespaciales

Implementation and automation of the electromagnetic compatibility measurement laboratory to provide services to Aeronautical Command Research Institutes and companies in the aerospace sector

Implantação e automatização do laboratório de medições de compatibilidade eletromagnética para prestação de serviços aos Institutos de Pesquisa do Comando da Aeronáutica e empresas do setor aeroespacial

Sérgio Baptista de Oliveira^I
Carlos do Nascimento Santos^{II}

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar los ensayos técnicos de compatibilidad electromagnética (EMC) en un equipo, minimizando la interferencia electromagnética (EMI) en su funcionamiento normal para el que fue diseñado, realizados en un laboratorio en un área militar, a nivel de desarrollo, según las normas técnicas estandarizadas internacionalmente. Este laboratorio, que es innovador para el Comando de la Aeronáutica en este tipo de prestación de servicios, se ha puesto en marcha y se encuentra en la fase de automatización con el uso de un software específico, desarrollado para barrer la ejecución de la gama de frecuencias que es repetitiva durante el proceso de ciertos tipos de ensayo requeridos por la norma. Este laboratorio fue creado para servir principalmente al diseño espacial y a la aviación militar del Comando de la Aeronáutica, pero este servicio puede extenderse a otras instituciones militares aeroespaciales, de institutos de investigación e incluso puede servir a proyectos de desarrollo en el área aeroespacial civil. Para demostrar la capacidad técnica de este laboratorio innovador y desplegado para prestar este tipo de servicio en EMC, en nivel de desarrollo y con expectativas de acreditación por parte del INMETRO, se

realizaron ensayos de un sistema de diseño espacial militar de la aeronáutica siguiendo todos los niveles y normas establecidos en una norma técnica internacional militar específica requerida.

Palabras clave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratorio de ensayos. Desarrollo.

ABSTRACT

This article aims to present the technical tests of electromagnetic compatibility (EMC) in an equipment, minimizing the electromagnetic interference (EMI) in its normal operation for which it was designed, performed in a military area laboratory, at a development level, according to international technical standards. This laboratory, which is innovative for the Air Force Command in this type of service provision, was implemented and is undergoing automation with the use of specific softwares, developed to scan the execution of the frequency range that is repetitive during the processing of certain types of tests required by the technical standard. This laboratory was created to serve mainly space projects and military aviation systems of the Air Force Command,

I. Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brasil. Mayor Especialista en Armamento de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). *Email:* sergiosbo@ifi.cta.br

II. Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA) – São José dos Campos/SP – Brasil. Doctor en Ingeniería Mecánica en el área de Materiales por la Universidad Estadual Paulista (UNESP). *Email:* nascimentocons@ifi.cta.br

Recibido: 21/11/18

Aceptado: 24/07/19

but this service can be extended to other military aerospace institutions, such as research institutes, and can even attend development projects in the civil aerospace area. To demonstrate the technical capacity of this innovative and recently implemented laboratory to provide this type of service at EMC, at a development level and with future expectations for accreditation by INMETRO, some tests were carried out in a military space design system of aeronautics, following all levels and standards established and required in a specific international military technical standard, required.

Keywords: EMC. EMI. Technical standards. Testing laboratory. Development.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo presentar las pruebas técnicas de compatibilidad electromagnética (EMC) en un equipo, minimizando la interferencia electromagnética (EMI) en su funcionamiento normal para el que fue diseñado, realizadas en un laboratorio en el área militar, a nivel de desarrollo, de acuerdo con normas técnicas estandarizadas internacionalmente. Este laboratorio, que es innovador para el Comando de la Fuerza Aérea en este tipo de prestación de servicios, se implementó y está siendo automatizado con el uso de un software específico, desarrollado para escanear la ejecución del rango de frecuencia que es repetitivo durante el proceso de ciertos tipos de pruebas requeridas por la norma. Este laboratorio fue creado para servir principalmente proyectos espaciales y sistemas de aviación militar del Comando de la Fuerza Aérea, pero este servicio puede extenderse a otras instituciones aeroespaciales militares, de institutos de investigación, e incluso puede asistir a proyectos de desarrollo en el área aeroespacial civil. Para demostrar la capacidad técnica de este laboratorio innovador e implementado para proporcionar este tipo de servicio en EMC, a nivel de desarrollo y con expectativas futuras para la acreditación por INMETRO, se realizaron pruebas en un sistema de diseño de espacio militar de aeronáutica que sigue todos los niveles y estándares establecido en una norma técnica militar internacional específica, requerida.

Palabras clave: EMC. EMI. Normas técnicas. Laboratorio de pruebas. Desarrollo.

1 INTRODUCCIÓN

Todos los sistemas con equipos eléctricos y electrónicos son susceptibles a ciertos niveles de ruido de interferencia electromagnética (EMI) o son también potenciales generadores, de modo que pueden o no afectar su funcionamiento normal al que han

sido proyectados. Tales interferencias pueden ser a nivel de emisión conducida (CE) o de susceptibilidad conducida (CS), en su cable o en los cableados. Estas señales también pueden provenir del efecto indirecto de los rayos atmosféricos que caen en las aeronaves o en las líneas de transmisión de energía.

La interferencia por emisiones irradiadas (RE) o por susceptibilidades irradiadas (RS) proviene de su circuito electrónico, o por radiofrecuencia (RF) en todos los tipos de telecomunicaciones. Cerca de las regiones de los aeropuertos, estaciones meteorológicas, lanzadores de cohetes, tenemos radar, navegación, comunicación, señales de telemetría que interfieren como campos electromagnéticos irradiados de alta intensidad (HIRF).

El entorno electromagnético en el que se inserta este sistema debe ser analizado en términos de su compatibilidad electromagnética, es decir, este sistema debe funcionar correctamente sin ser interferido y sin interferir como fuente generadora de EMI y que afectará el funcionamiento de otros equipos en esta región. Según la forma y el lugar en que se utilice, ya sea en una zona civil o militar, el equipo se desarrollará y certificará en laboratorios calificados y acreditados con personal calificado, aplicando normas técnicas aceptadas y, en algunas aplicaciones, normas armonizadas elaboradas por comités técnicos internacionales que se reúnen periódicamente, estudiando y promoviendo actualizaciones.

Los gobiernos del mundo tienen agencias certificadoras que supervisan la producción y la venta de estos diversos equipos. Uno de los grandes efectos de las interferencias electrónicas, en el ámbito militar, es la conocida guerra electrónica en la que se realizan acciones para impedir o reducir el uso efectivo del espectro electromagnético del enemigo, así como para destruir, neutralizar o degradar su capacidad de combate, utilizando energía electromagnética o armamento que emplea la emisión intencionada del objetivo para guiar su equipo, ya sea en tierra, mar o aire. Estas medidas de ataque electrónico generalmente incluyen sistemas de navegación, comunicación de redes de datos, voz, enlaces. También mediante sistemas de radares de vigilancia, adquisición y (o) seguimiento o disparo, y sistemas ópticos infrarrojos y visuales. Este equipo está diseñado y debe estar blindado y no es susceptible a estos niveles de señales de interferencia electromagnética dañinas.

En el ámbito civil en la aviación, la marina, la industria automotriz o la industria de equipos electro electrónicos para las diversas aplicaciones, los ensayos de compatibilidad electromagnética también son necesarias y equivalentes, sin embargo, los niveles de blindaje de

estas señales electromagnéticas indeseables no son tan rigurosos y elevados, lo que llevaría a la mejora del producto final. Por lo tanto, la necesidad de normas específicas y su precisión para cada área de aplicación.

Durante ciertos tipos de ensayos, hemos definido rangos de frecuencia que se barren, paso a paso, haciendo que el proceso sea repetitivo, lo que a menudo es cansado y consume mucho tiempo para el especialista en ejecución, por lo que la necesidad de desarrollar un *software* de automatización específico para ese ensamblaje concreto con el equipo de ensayo y la repetibilidad de la ejecución.

En este artículo pretendemos presentar los ensayos de compatibilidad electromagnéticos realizados en equipos del área aeroespacial, con tecnología de defensa, en un laboratorio implementado en la fase de automatización para cumplir con el Comando de la Aeronáutica.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este artículo la principal aplicabilidad será para el área militar de la fuerza aérea y aeroespacial teniendo como principal norma técnica utilizada la norma militar MIL-STD-461, Revisión G.

En los ensayos de compatibilidad electromagnética, de acuerdo con las principales normas técnicas militares o civiles utilizadas se dividen en emisiones conducidas (CE), o susceptibilidades conducidas (CS), o emisiones irradiadas (RE), o susceptibilidades irradiadas (RS). En estos tipos de ensayos se utiliza *Line Impedance Stabilization Network* (LISN) como una de las funciones de la línea de alimentación en corriente eléctrica alterna o continua del equipo bajo ensayo (ESE) para asegurar la no interferencia en estas señales.

2.1 Ensayo de emisión conducida CE102

Este ensayo se utiliza para verificar las emisiones electromagnéticas conducidas ruidosas que se producen a través de los cables de alimentación del equipo bajo ensayo (ESE). Según la MIL-STD-461 el rango de frecuencia especificado para el ensayo es de 10 kHz a 10 MHz. Debe incluir los cables de retorno y los que son fuentes de otros equipos que no formaban parte del ESE, pero que influyen en él.

Establecidos y ajustados por la norma a los límites aceptables de ruido de interferencia que debe cumplir el equipo ESE, la configuración del ensayo se monta en el laboratorio mediante la supervisión del funcionamiento del ESE de forma continua para evaluar si funcionará adecuadamente dentro del rango de frecuencias y los límites especificados.

2.2 Ensayo de susceptibilidad conducida CS101

Según la MIL-STD-461 el rango de frecuencia especificado para el ensayo es de 30 Hz a 150 kHz. Este ensayo se utiliza para verificar la capacidad del ESE para soportar señales ruidosas acopladas a cables de alimentación de baja frecuencia. Es aplicable a los equipos y subsistemas de corriente alterna, limitada a la corriente eléctrica menor o igual a 30 amperios por fase y a los conductores de alimentación de entrada con corriente continua, sin incluir los retornos.

Si el ESE funciona con corriente continua (CC) o alterna (CA), este ensayo es normalmente aplicable en el rango de 30 Hz a 150 kHz. Si el ESE funciona con corriente alterna, este ensayo es aplicable a partir de la segunda armónica de la frecuencia de alimentación del ESE que se extiende hasta 150 kHz.

Una vez establecidas por la norma los límites aceptables de ruido de interferencia que debe soportar el equipo ESE, la configuración del ensayo debe establecerse en el laboratorio y esta señal debe aplicarse al ESE, vigilándolo constantemente, para evaluar si funcionará adecuadamente dentro del rango de frecuencias especificado.

2.3 Ensayo de susceptibilidad conducida CS114

Según la MIL-STD-461, el rango de frecuencia especificado para el ensayo es de 10 kHz a 200 MHz. Este procedimiento de ensayo se utiliza para verificar la capacidad del ESE para soportar señales ruidosas acopladas a los cables de interconexión y de alimentación de este equipo en este rango de frecuencia.

Una vez establecidos por la norma los límites aceptables para el ruido de interferencia que debe soportar el equipo de ESE, se debe montar la configuración del ensayo en laboratorio y esta señal debe aplicarse a ESE y supervisarse constantemente para evaluar si funcionará adecuadamente dentro del rango de frecuencias especificado.

2.4 Ensayo de susceptibilidad conducida CS115

En este ensayo se inyectan señales pulsantes ruidosas en los cables de alimentación o de datos del ESE. Este procedimiento de ensayo se utiliza para verificar la capacidad del ESE para soportar los impulsos de estas señales ruidosas acopladas a los sistemas de energía, datos o sistemas de puesta a tierra de los cables de interconexión. El nivel de pulso usado para el ensayo se especifica de acuerdo con la MIL-STD-461.

Una vez que se establece este nivel, se configura el ensayo de laboratorio y esta señal se aplica al ESE,

monitoreándolo constantemente para evaluar si funcionará adecuadamente.

2.5 Ensayo de susceptibilidad conducida CS116

En este ensayo, según la norma MIL-STD-461, se inyecta una señal ruidosa de corriente eléctrica transitoria sinusoidal amortiguada en el rango de frecuencia de 10 kHz a 100 MHz. Esta señal se inyecta en la fuente de alimentación o en los cables de señal de datos del ESE.

Establecido por la norma, este nivel de señal se configura en el ensayo de laboratorio y se aplica la señal al ESE, monitoreándolo en todo momento, para verificar su capacidad para soportar señales acopladas a los cables de alimentación, datos o sistemas de puesta a tierra de los cables de interconexión, es decir, el ESE debe funcionar correctamente en presencia de estos pulsos transitorios de señales dentro de este rango de frecuencia especificado.

2.6 Ensayo de emisión irradiada RE102

Este ensayo, según la norma MIL-STD-461, se utiliza para verificar las emisiones irradiadas de campos eléctricos del ESE, así como sus subsistemas y cableado asociado que puedan interferir con otros equipos instalados en este entorno.

Este ensayo se realiza en una cámara anecoica y normalmente es aplicable en el rango de frecuencia de 10 kHz a 18 GHz. Por encima de 30 MHz se aplican las polarizaciones vertical y horizontal de las antenas. Dependiendo del rango de frecuencia aplicado, se debe utilizar una antena con características propias. Se conocen como antena ROD, para barrer el rango de 9 kHz a 30 MHz, antena BICONILOG, para barrer el rango de 26 MHz a 6 GHz, y antena DOUBLE RIDGE HORN, para barrer el rango de 750 MHz a 18 GHz.

Las antenas están posicionadas a un metro de distancia del ESE y a 1,20 m del suelo, según la norma. La intensidad del campo eléctrico irradiado por el ESE se vigila en el rango de frecuencias especificado y su límite se compara con el especificado por la norma. El resultado de esta vigilancia se representa en un gráfico con los límites medidos e irradiados del ESE y el especificado por la norma.

2.7 Ensayo de susceptibilidad irradiada RS103

Este ensayo, de acuerdo con la norma MIL-STD-461, se utiliza para verificar la capacidad del ESE para soportar las emisiones irradiadas de la interferencia del campo eléctrico a él, a sus subsistemas y al cableado asociado de otros equipos instalados en esa vecindad o de otras fuentes en ese entorno.

Este ensayo puede realizarse en una cámara anecoica o de reverberación. La intensidad del campo eléctrico es de 20 voltios por metro para los proyectos espaciales y de 200 voltios por metro para la aviación militar, según la norma. Este requisito se aplica normalmente en el rango de frecuencias de 10 kHz a 18 GHz. Por encima de 30 MHz se aplican las polarizaciones vertical y horizontal de las antenas. Este ensayo es similar al RE102, sólo que ahora el ESE, su cableado y sus subsistemas están siendo irradiados por el campo eléctrico emitido por las antenas. Según el rango de frecuencias aplicado, se debe utilizar una antena con sus propias características. Se conocen como antena ROD, para barrer el rango de 9 kHz a 30 MHz, antena BICONILOG, para barrer el rango de 26 MHz a 6 GHz, y antena DOUBLE RIDGE HORN, para barrer el rango de 750 MHz a 18 GHz.

Las antenas se colocan a un metro de distancia del ESE, o de su cableado, y a una altura de 1,20 m del suelo, según la norma.

El límite de la intensidad del campo eléctrico se ajusta de acuerdo con la norma para su aplicación en proyectos de la fuerza aérea o aeroespaciales. Constantemente, durante el ensayo, un sensor de campo eléctrico se posiciona lo más cerca posible del ESE, su cableado y subsistemas para comprobar la intensidad del campo eléctrico irradiado en este montaje. El ensayo, de acuerdo con su complejidad, puede repetirse varias veces en las que se varían las posiciones del sensor y la antena para barrer todos los puntos críticos de este sistema de montaje, como se especifica en la norma.

3 METODOLOGÍA

El principal objetivo de esta metodología técnica es demostrar la capacidad del laboratorio para realizar este tipo de ensayo de EMC, con perspectivas de ampliar esta prestación de servicios, a nivel de desarrollo, pero con expectativas de acreditación.

Para demostrar los ensayos de compatibilidad EMC en este laboratorio del DCTA/IFI, se utilizó un cierto sistema que conforma un vehículo aeroespacial del DCTA/IAE, conservando algunos detalles técnicos debido al secreto de la tecnología militar involucrada, así como el montaje para probarlo. Este sistema tiene uno o más dispositivos ESE que consisten en su cableado, sus conectores y subsistemas. Tanto la configuración de la disposición de este sistema como los equipos para el ensayo y la mesa de montaje son estándares que siguen la norma. La mesa de ensayo de EMC utilizada en el laboratorio siguen

la norma MIL-STD-461, con plan de tierra en placa metálica de cobre y conexiones de tierra en malla de tierra externa del laboratorio proyectados para esa finalidad. Los equipos del laboratorio de ensayo representados en las figuras y utilizados en cada tipo de ensayo están discriminados y/ o representados por letras A, B, C, D, E, F, o G. Los otros que no son discriminados son sólo una parte del banco de ensayos y se utilizarán según el tipo de ensayo. Este sistema ESE es normalmente operado por el diseñador, durante el ensayo de laboratorio, como si estuviera operando en condiciones normales en su vehículo espacial, de manera que su operabilidad normal puede ser analizada dentro de los límites de EMI aceptables por la norma utilizada. Las normas que seguimos o incluso el equipo utilizado en el laboratorio son actualizando constantemente.

El Laboratorio del DCTA/IFI dispone de documentos técnicos de procedimientos internos para la ejecución de este tipo de ensayos que siguen estrictamente lo determinado por la norma, especificando las fases de ajuste del equipo y de ensayo del sistema ESE y su cableado que se evalúan constantemente y, si es necesario, se emite una nueva revisión. Los datos de los resultados presentados por el laboratorio, dependiendo del tipo de ensayo, pueden ser proporcionados en gráficos o tablas, pero si el sistema funcionó o no correctamente sólo el diseñador puede declarar.

3.1 Ensayo de emisión conducida CE102

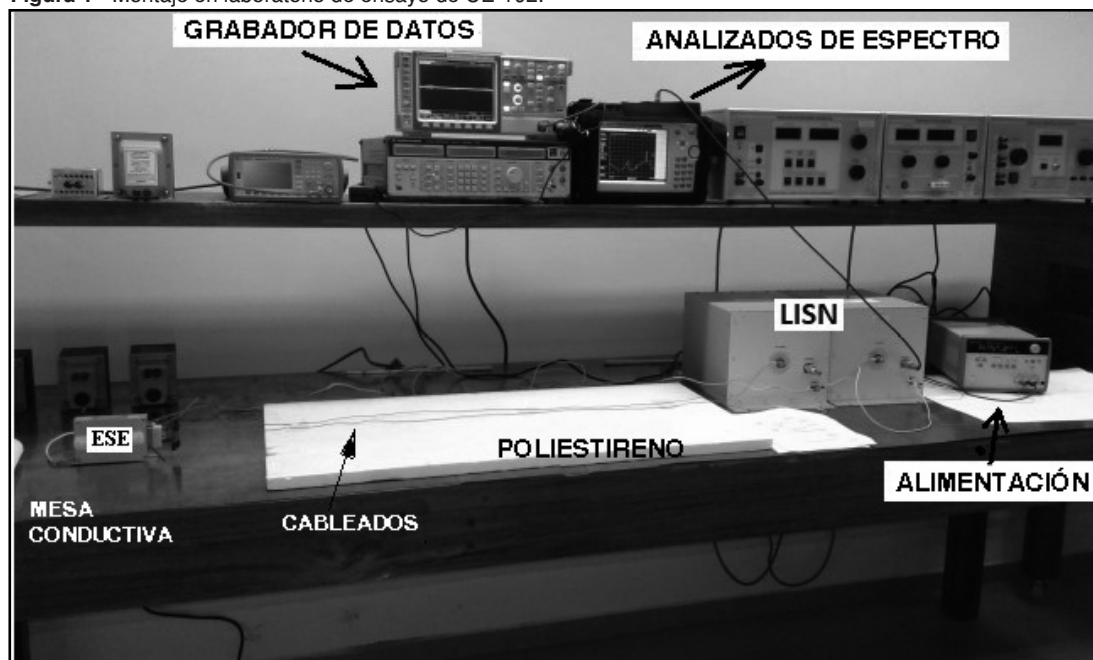
Para este tipo de ensayo, la primera fase se denomina calibración, según la norma en la que se realiza la verificación y el ajuste del equipo, sin el ESE, de acuerdo con los niveles especificados en esa norma mediante la exploración del rango de frecuencias de 10 kHz a 10 MHz. La segunda fase, ya con el equipo ajustado y utilizando el ESE, es el ensayo a través de la cual se observa este tipo de emisión conducida. El conjunto representativo de este ensayo de laboratorio se describe en la Figura 1 y el equipo utilizado en este ensayo están detallados en ella.

En este ensayo se comprobaron las señales de las emisiones electromagnéticas conducidas a través de los cables de alimentación del ESE, es decir, se evaluó la señal que interfería con ese equipo con respecto al límite aceptable por la norma y que se ajustó en la primera fase. También incluía los cables de retorno y los que son fuentes de otros equipos que no forman parte del ESE, pero que deberían influir en él. El ESE, el LISN y el equipo están dispuestos en una parte conductora del banco de ensayos. El cableado está bajo material aislante, en el caso de la espuma de poliestireno.

La Figura 2 presenta el resultado medido del nivel de la señal ruidosa (amplitud de la señal en decibelios micro volts - dBuV) en el ESE, comparado al límite establecido por la norma en el rango de frecuencia especificada.

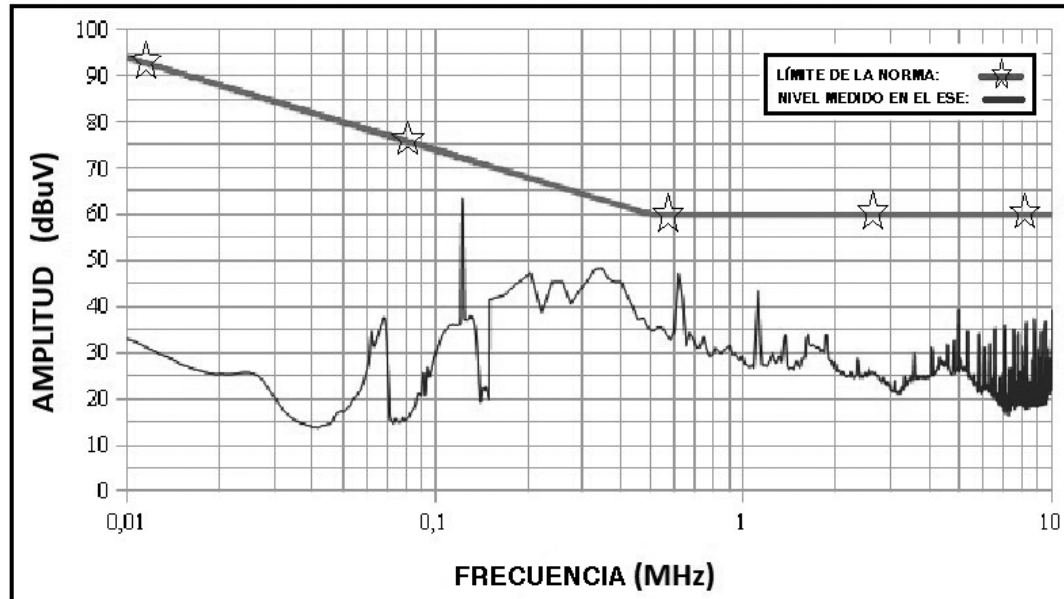
Las distancias de cableado, el equipo y el sistema ESE en general siguen los estándares de la norma, aunque no están indicados en el montaje de la Figura 1.

Figura 1 - Montaje en laboratorio de ensayo de CE-102.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 2 - Modelo de resultado obtenido del ensayo de emisión conducida sobre el ESE.



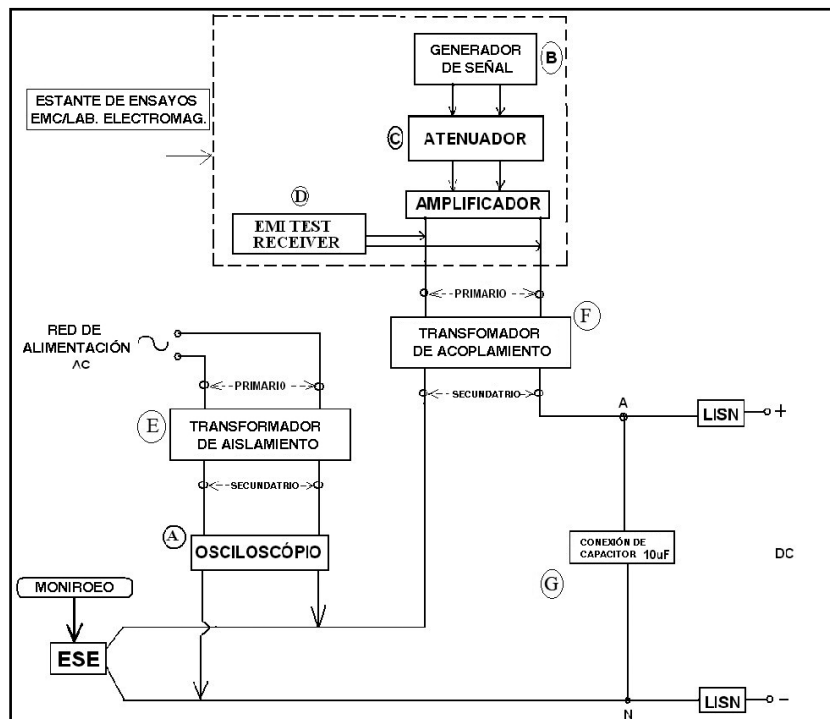
Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.2 Ensayo de susceptibilidad conducida CS101

Para ese tipo de ensayo, la primera fase se llama calibración, según la norma en que se hace la verificación y ajuste solamente de los equipos, sin el ESE, conforme los niveles especificados en esa norma barriendo el rango de frecuencia de 30 Hz a 150 kHz. La segunda fase, ya

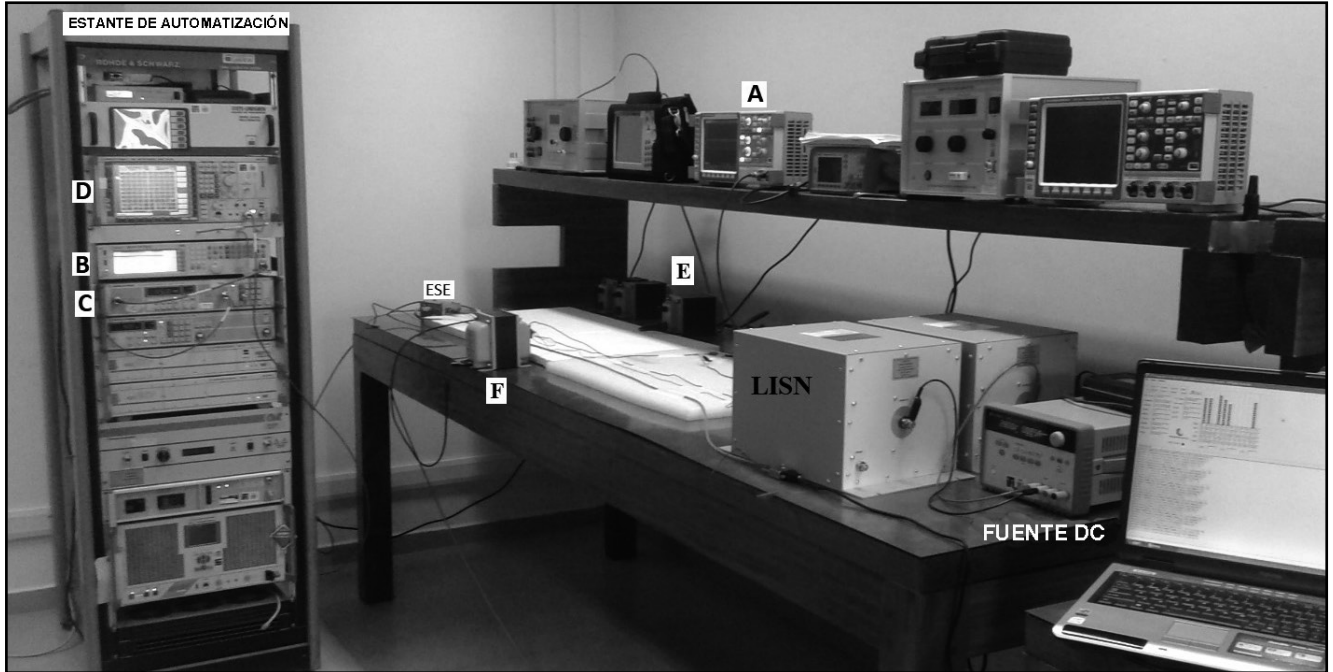
con los equipos ajustados y que utiliza el ESE, es el de ensayo en que será observado ese tipo de susceptibilidad conducida. En este caso, este nivel de señal es barrido en los cables de alimentación del ESE en el rango de frecuencia de la primera fase. La representación y el montaje, para este ensayo con bastidor de automatización del laboratorio, se describen en las Figuras 3 y 4.

Figura 3 - Diagrama de montaje con bastidor de laboratorio portátil para ensayos con automatización de CS-101.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 4 - Montaje en laboratorio de ensayo de CS-101 con ESE y su cableado.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA con el bastidor de automatización.

El laboratorio del IFI tiene y ha desarrollado un estante de automatización portátil, donde se monta e integra el equipo necesario para este tipo de ensayo. Estos equipos funcionan de forma automática, controlados y programados por software para ejecutar cada tipo de ensayo característico de acuerdo con la norma. El cableado de ensayo interconecta el ESE y la LISN. Los equipos utilizados para ese tipo de ensayo están representados por las letras A, B, C, D, E, F y G respectivamente. El capacitor G que no aparece en la Figura 4, está conectado a la fase positiva de alimentación del ESE siendo acoplado en la salida de la LISN. El amplificador está acoplado a la salida del generador de señal en el estante de automatización.

Los demás sólo están en la mesa y se utilizarán según el tipo de ensayo. El ESE, la LISN y el equipo están dispuestos en la parte conductora de la mesa de ensayos. El cableado está bajo un material aislante, una espuma de poliestireno. Las distancias del cableado, el equipo y el sistema ESE siguen los estándares de la norma, pero no se indican en el montaje de la Figura 4.

Durante el ensayo, el funcionamiento del sistema es constantemente monitoreado y cualquier mal funcionamiento es registrado o no por el diseñador.

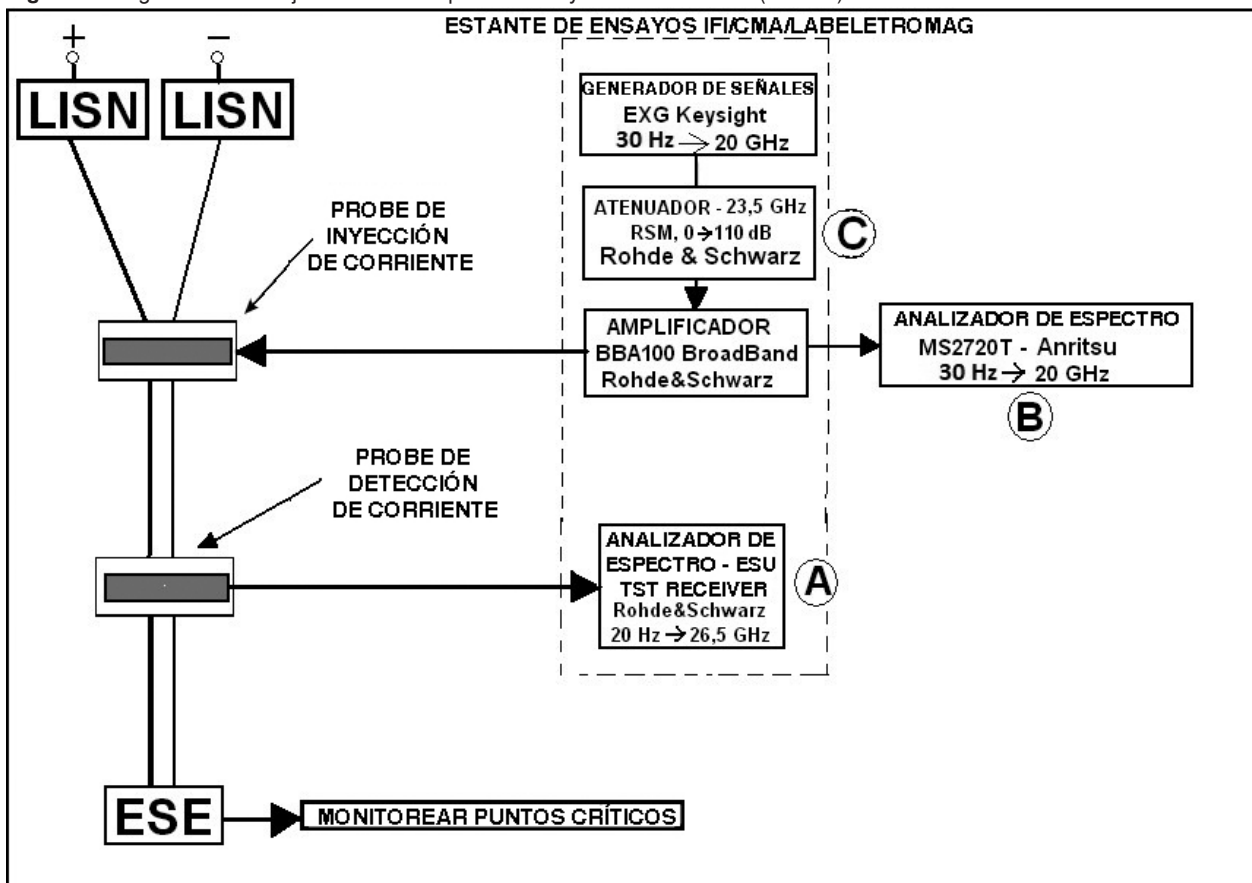
3.3 Ensayo de susceptibilidad conducida CS114

Para este tipo de ensayo, la primera fase se denomina calibración, según la norma de características de diseño del FAB y el Espacial, en la que el ajuste se hace sólo del equipo, sin el ESE, según los niveles especificados en esa norma, barriendo el rango de frecuencias de 10 kHz a 200 MHz. La segunda fase, ya con el equipo ajustado y utilizando el ESE, es el ensayo para la que se observa este tipo de susceptibilidad realizada. Los montajes para el ensayo automatizado con estante de laboratorio se describen en las Figuras 5 y 6. Los cables de ensayo están interconectando el ESE y la LISN. En este ensayo se utilizan dos equipos A y B como receptores de señal.

Después de ajustar el equipo de ensayo, se hace un barrido de este nivel de señal en los cables de suministro e interconexión del ESE en el rango de frecuencia especificado. En el ensayo se verificó la capacidad del ESE para soportar señales ruidosas acopladas a su fuente de alimentación y a los cables de interconexión.

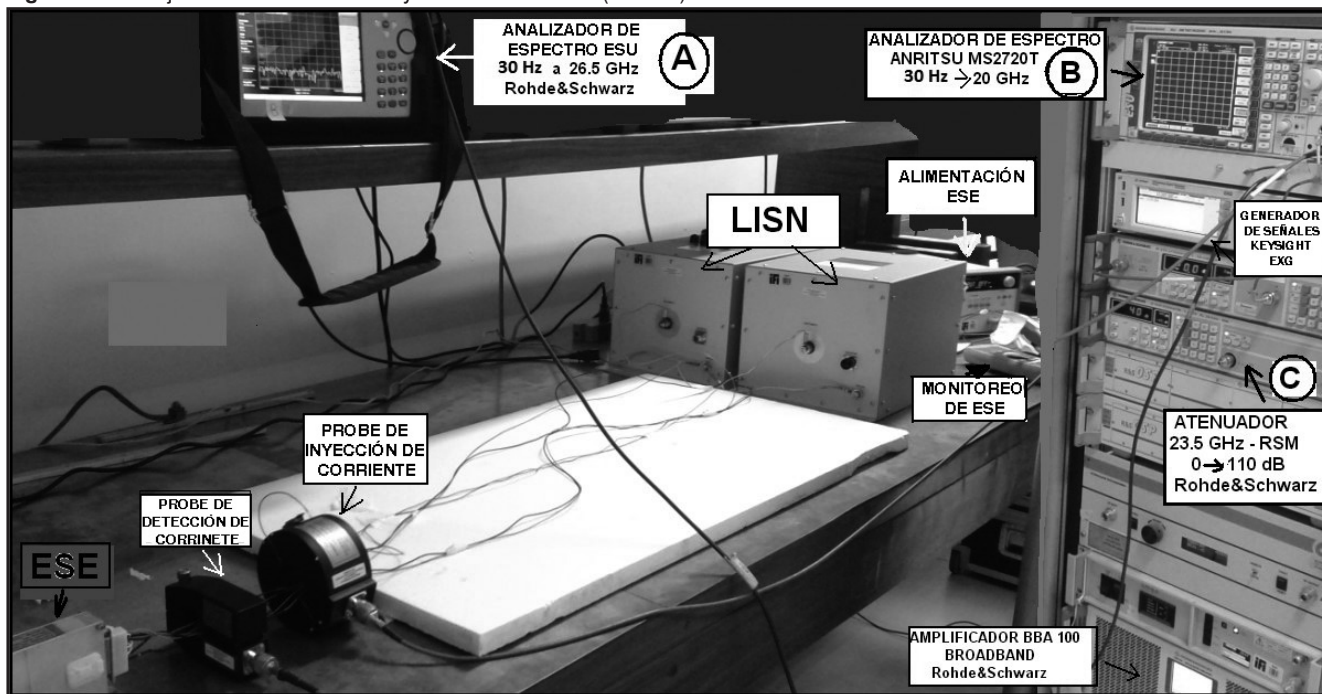
Durante el ensayo se monitorea constantemente el funcionamiento del sistema, siendo registrada cualquier anomalía o no por el diseñador.

Figura 5 - Diagrama de montaje en laboratorio para el ensayo automatizado de (CS-114).



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 6 - Montaje en laboratorio de ensayo automatizado de (CS-114).



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.4 Ensayo de susceptibilidad conducida CS115

Para este tipo de ensayo, la primera fase se llama calibración, según los niveles de señal de la norma, en la que sólo se hace la verificación y el ajuste del equipo, sin el ESE. En la segunda fase, ya con el equipo ajustado, las señales pulsadas se inyectan en los cables de alimentación o de datos del ESE, donde se observará este tipo de susceptibilidad conducida. El montaje para el ensayo se describe en la Figura 7. El equipo A es la probe de inyección de señal, el B es la de medición, C es un atenuador de señal para no dañar el osciloscopio y D son los espaciadores de 5 cm. Los cables de ensayo están interconectando el ESE y la LISN. Los otros equipos no discriminados están sólo en la mesa y algunos son de señal de alimentación de ESE.

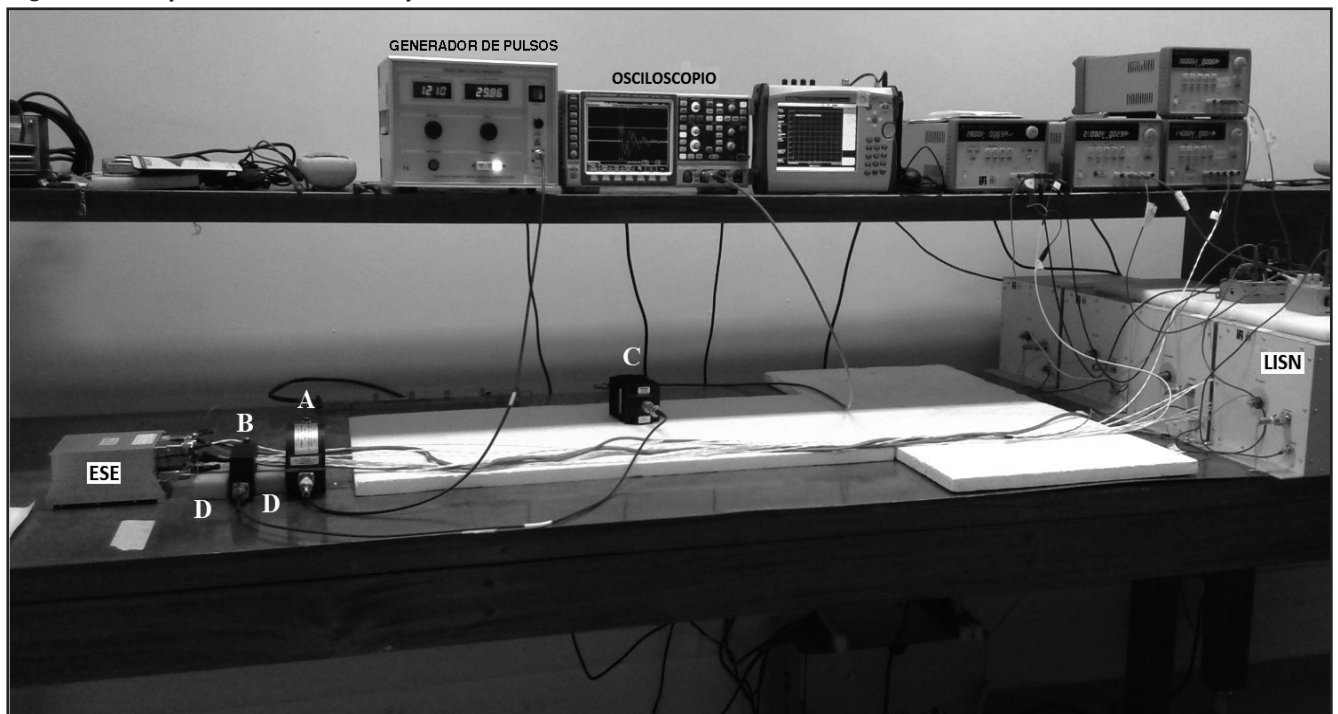
El ensayo verifica la capacidad del ESE para soportar el impulso de señales de interferencia acopladas a sus cables de alimentación, datos o los sistemas de puesta a tierra de sus cables de interconexión. Durante el ensayo, el funcionamiento del sistema es monitoreado constantemente, con cualquier anomalía registrada o no por el diseñador.

3.5 Ensayo de susceptibilidad conducida CS116

Para este tipo de ensayo, la primera fase se denomina calibración, según niveles de señal según la norma, en la que se realizan verificaciones y ajustes solo al equipo, sin el ESE. En la segunda fase, ya con los equipos ajustados, esta señal de corriente eléctrica transitoria sinusoidal amortiguada se inyecta, en el rango de frecuencias de 10 kHz a 100 MHz, en los cables de alimentación o en las señales de datos del ESE donde se observará este tipo de susceptibilidad conducida. El montaje del laboratorio para el ensayo se describe en la Figura 8. Los cables de ensayo están conectados al ESE y al LISN. Los espaciadores de 5 cm están representados por A, el equipo B es la probe de medición y C es la probe de inyección de señales. El resto de los equipos no discriminados están sólo en la mesa. No son parte de este ensayo.

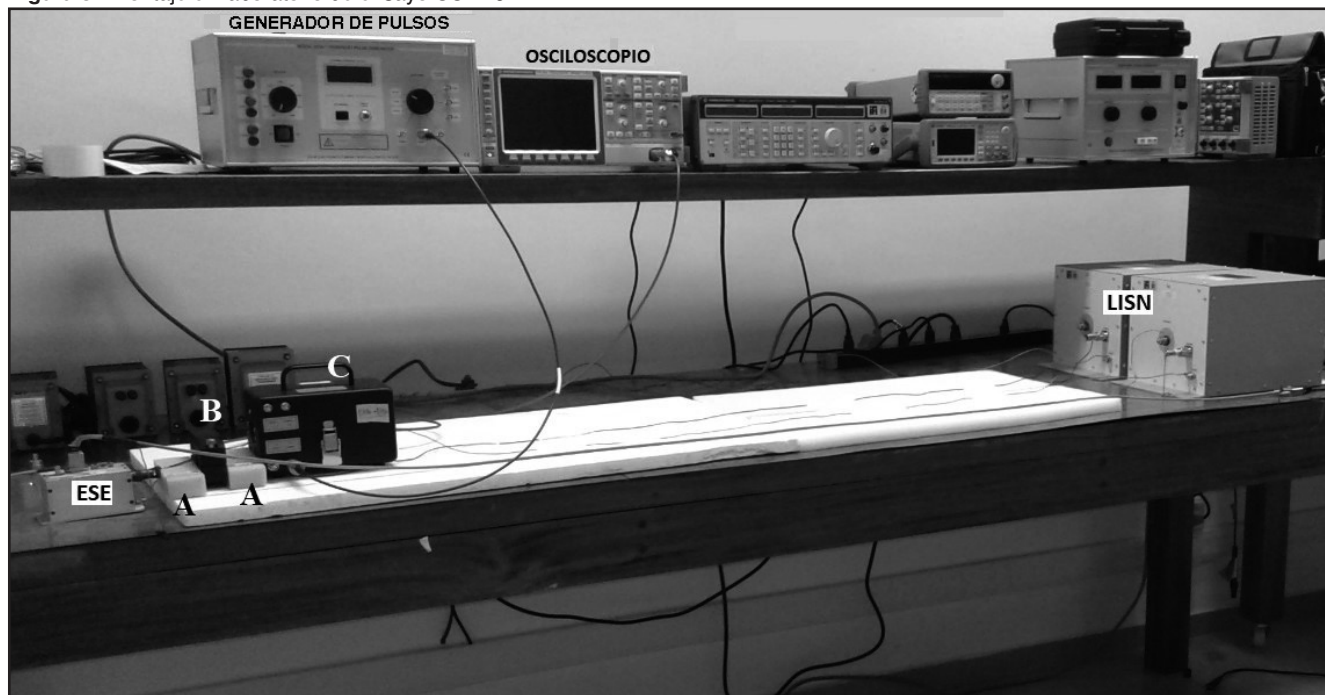
El ensayo verifica la capacidad del ESE para soportar tales señales de interferencia acopladas a sus cables de alimentación o señales de datos en el rango de frecuencia especificado. Durante el ensayo, el funcionamiento del sistema es constantemente monitoreado y cualquier mal funcionamiento o falla es registrada por el diseñador.

Figura 7 - Montaje en laboratorio de ensayo CS115.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 8 - Montaje en laboratorio de ensayo CS-116.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

3.6 Ensayo de emisión irradiada RE102

En la primera fase de este tipo de ensayo, llamada calibración por la norma, se realizan los ajustes y la verificación del equipo y las antenas, según los límites de la intensidad del campo eléctrico (amplitud en decibelios microvoltios por metro - dBuV/m) aceptables por la norma. En esta fase se posicionan las antenas ROD, BICONILOG y DOUBLE RIDGE HORN, de acuerdo con su rango de frecuencia entre 10 kHz a 18 GHz, a un metro de distancia del ESE o de sus cables y altura del suelo de 1,20 m.

En la segunda fase de ensayo, con el equipo ESE funcionando normalmente, se mide la intensidad del campo eléctrico irradiado en dBuV/m por ese sistema constituido por el ESE y por sus cables. Estos niveles de emisión producen efectos de señal ruidosa y deben estar entre los límites establecidos en la norma y ajustados en la primera fase. Dependiendo de la complejidad de este sistema y del tamaño de su cableado, este ensayo puede repetirse varias veces hasta que cubra todo el ángulo de cobertura de las antenas. Las configuraciones de los montajes para el ensayo en laboratorio son descritas en la Figura 9 de 10 kHz a 30 MHz, en la Figura 10 de 30 MHz a 200 MHz y en la Figura 11 de 200 MHz a 18 GHz, respectivamente. Los cables para ensayo interconectan el ESE y la LISN y están sobre espuma de poliestireno.

Este tipo de ensayo se realiza en el interior de la cámara anecoica del laboratorio del IFI que tiene absorbedores de EMI, justamente para garantizar

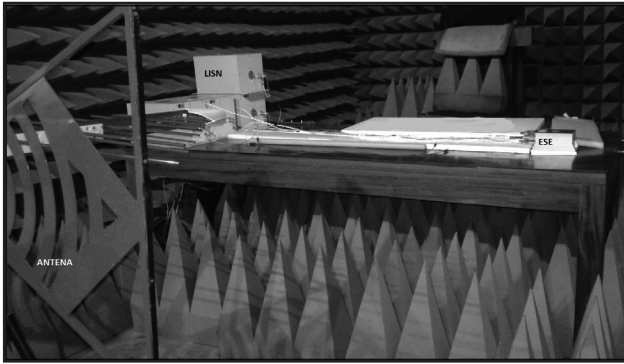
Figura 9 - Posicionamiento de la antena ROD para ensayo de RE-102.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

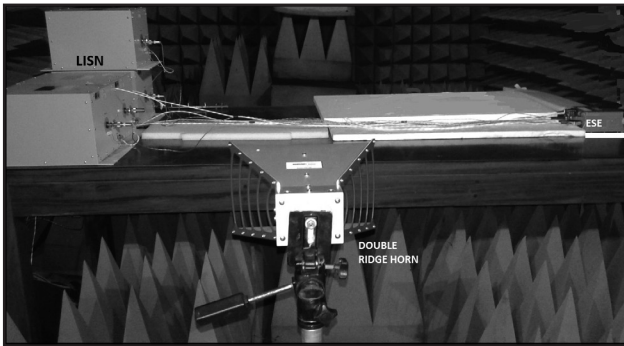
que las señales electromagnéticas, presentes en esa configuración, son sólo los provenientes del sistema ESE más el cable y que se miden por las antenas en su interior. Los otros equipos que forman parte del sistema de medición de las antenas están dispuestos en la parte exterior de la cámara y están montados según el estante de automatización portátil del IFI, conforme exhibido se miden por las antenas en su interior. Los otros equipos que forman parte del sistema de medición de las antenas están dispuestos en la parte exterior de la cámara y están montados según el estante de automatización portátil del IFI, conforme exhibido en la Figura 4. Durante el ensayo se monitorea constantemente el funcionamiento del ESE, barriendo los rangos de frecuencia establecidos.

Figura 10 - Posicionamiento de la antena BICONILOG para ensayo de RE-102.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 11 - Posicionamiento de la antena DOUBLE RIDGE HORN para ensayo de RE-102.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

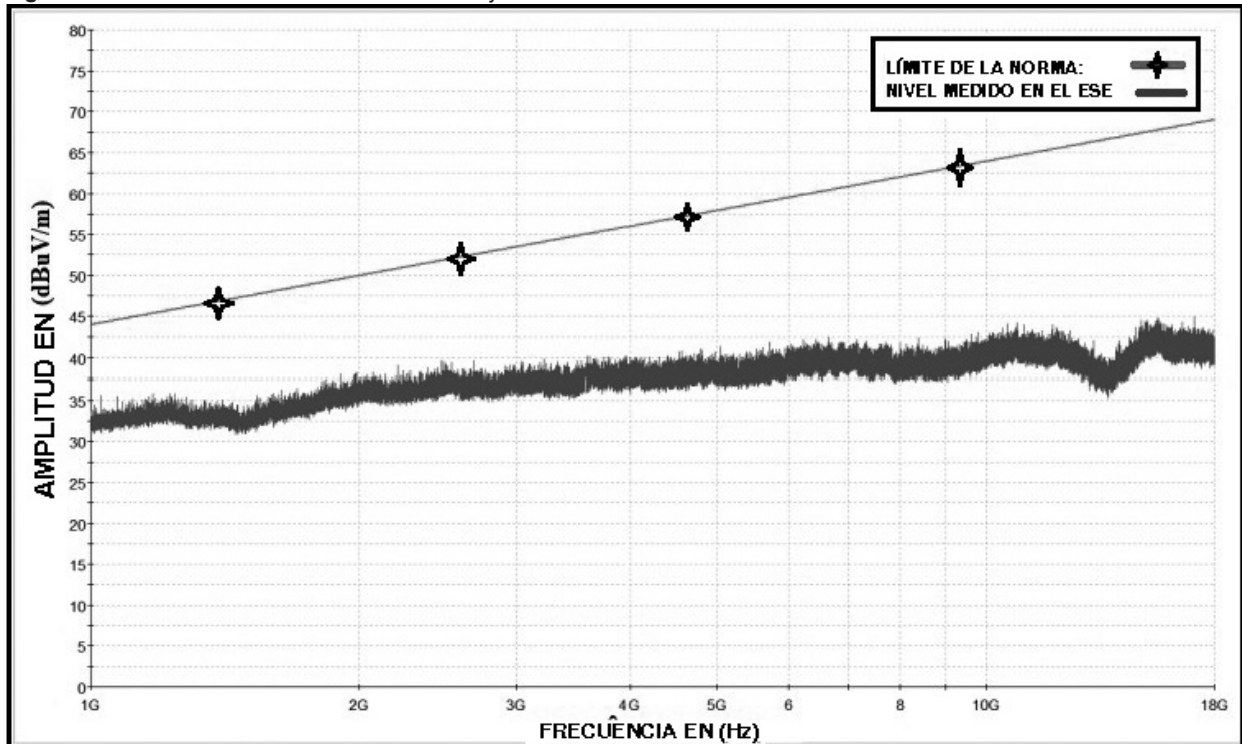
Parte del resultado de la medida de los niveles de emisión irradiados del ESE, comparados con los niveles aceptables por la norma, son presentados en la Figura 12. El rango de frecuencia presentado está entre 1GHz y 18 GHz en polarización horizontal con el nivel de amplitud de señal irradiada de campo eléctrico en dBuV/m.

3.7 Ensayo de susceptibilidad irradiada RS103

En la primera fase de este tipo de ensayo, también llamada calibración por la norma, se hacen el ajuste y la verificación de los equipos y de las antenas, según límites de intensidad de campo eléctrico (amplitud en decibelios de microvoltios por metro - dBuV/m) aceptables por la norma. En esta fase se posicionan las antenas ROD, BICONILOG y DOUBLE RIDGE HORN, de acuerdo con su rango de frecuencia entre 10 kHz y 18 GHz, a un metro de distancia del ESE o de sus cables y altura del suelo de 1,20 m.

Este ensayo es similar al RE102, sin embargo, solo ahora las antenas irradian una señal ruidosa de campo eléctrico, inicialmente ajustada sobre el sistema ESE y el cableado. Esta señal es monitoreada constantemente por un sensor de intensidad de campo eléctrico, ubicado lo más cerca posible de

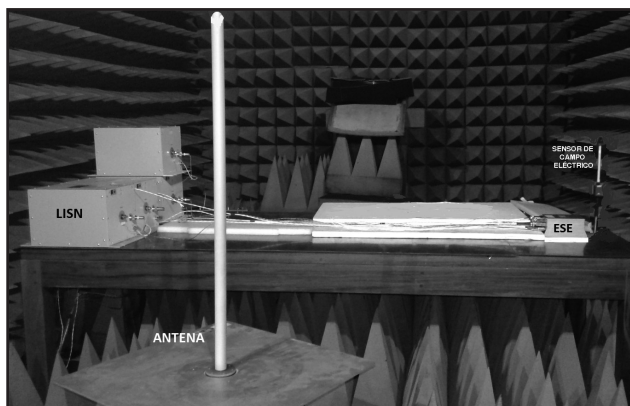
Figura 12 - Modelo de resultado obtenido del ensayo de RE102 en el ESE.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

este sistema. La intensidad del campo eléctrico es de 20 voltios por metro, especificada en la norma para proyectos espaciales. Las configuraciones de los montajes para el ensayo en laboratorio son descritas en la Figura 13 de 10 kHz a 30 MHz, en la Figura 14 de 30 MHz a 200 MHz y en la Figura 15 de 200 MHz a 18 GHz, respectivamente.

Figura 13 - Antena ROD para ensayo de RS -103 ejecutado en laboratorio.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

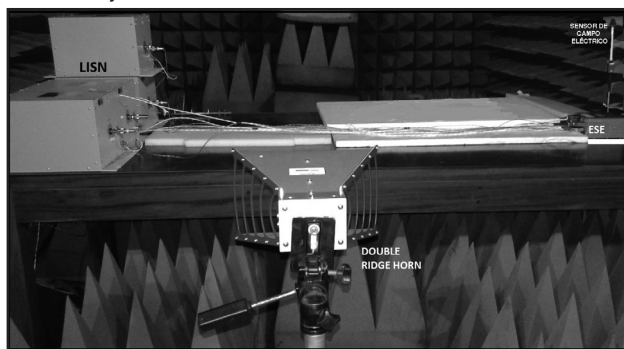
Este tipo de ensayo se realizó en el interior de la cámara anecoica del laboratorio del IFI, que cuenta con absorbentes EMI precisamente para asegurar que las señales electromagnéticas, en este caso el campo eléctrico, generados e irradiados en este conjunto del sistema ESE más el cableado son sólo las que provienen de las antenas en su interior. Los demás equipos que forman parte del sistema de generación de señales para las antenas y la medición de la señal del sensor de campo eléctrico se dispusieron fuera de la cámara y se montaron de acuerdo con el estante de automatización portátil del IFI, como se muestra en la Figura 4.

Figura 14 - Antena BICONILOG para ensayo de RS-103 ejecutado en laboratorio.



Fuente: Laboratorio de ensaios eletromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Figura 15 - Antena DOUBLE RIDGE HORN para ensayo de RS-103, ejecutado en laboratorio.



Fuente: Laboratorio de ensayos electromagnéticos DCTA/IFI/CMA.

Durante el ensayo, el funcionamiento del sistema es monitoreado constantemente, con cualquier anomalía registrada o no por el diseñador.

4 CONCLUSION

Este artículo se presentan los ensayos de compatibilidad electromagnética EMC en un sistema desarrollado en el área aeroespacial de tecnología de defensa del Comando de la Aeronáutica, para el Instituto Aeroespacial, IAE, teniendo principalmente como referencia el requisito técnico MIL-STD-461 de la norma americana, con su revisión G.

El Laboratorio de Ensayos Electromagnéticos (Labeletromag) de la División de Confiabilidad Metrológica, CMA, en el Instituto de Fomento y Coordinación Industrial, IFI, del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial DCTA, en São José dos Campos (SP), se encuentra implantado, en fase de automatización, pero ya realiza estos tipos de servicios técnico-especializados de ensayos de EMC en emisiones o susceptibilidades conducidas, (CE) y (CS), y emisiones o susceptibilidades irradiadas, (RE) y (RS), en nivel de desarrollo de producto para atender proyectos en el área aeroespacial de tecnología de defensa del Comando de la Aeronáutica.

Servicio que puede, lógicamente, se extender a otras instituciones militares del Ministerio de Defensa, a las industrias civiles en el sector aeroespacial, a los establecimientos de enseñanza y de investigación. Ese tipo de prestación de servicio innovador, en esta área en el IFI y para el Comando de la Aeronáutica, ya ha realizado ensayos para un proyecto de armas de la Marina y tiene al Ejército también en asociación. El laboratorio ha puesto

a disposição uma associação de desenvolvimento para projetos de aviação militar ou civil de EMBRAER, visto que seus ensaios de desenvolvimento e certificação são executados quase totalmente no exterior.

La norma seguida por la aviación civil, la principal de las cuales es la RTCA/DO-160, Revisión G, a través de las secciones 18 a 23, se puede realizar en gran parte en este laboratorio. En el Brasil, el principal laboratorio que ha podido prestar este tipo de servicio ha sido el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), pero, con la gran demanda de sus servicios por parte de la industria nacional automovilística, la espera para la ejecución de los ensayos termina

comprometida por otros sectores de las áreas militar o civil aeroespaciales de investigación y desarrollo.

Este tipo de servicio técnico ofrecido es de gran importancia para la autonomía y el desarrollo del país, ya que gran parte de este servicio se realiza en el extranjero. El laboratorio también cuenta con una cámara de reverberación en funcionamiento para realizar ensayos de susceptibilidad a la irradiación, siendo la única del país. Con la implementación de Labeltromag en el IFI, se ha ofrecido una alternativa para satisfacer la demanda de este servicio en el Brasil.

REFERENCIAS

AR, RF/Microwave Instrumentation. Disponível em: <http://www.arworld.us>. Acesso em: 12 set. 2018.

DEPARTMENT OF DEFENSE INTERFACE STANDARD, **Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment**, MIL-STD-461, Rev. G, Washington, DC, 2007.

EMC 2018 Testing Guide. **Interference Technology Guide Series**. Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ETS.LINDGREN COMPANY. **EMC Test and Measurement**, Disponível em: <http://www.ets-lindgren.com>. Acesso em: 20 Set. 2018.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A.; PERALA, R. A. **Lightning protection of aircraft**. 3. ed. Pittsfield, MA: Lightning Technologies Inc., 1990.

FISHER, F. A.; PLUMER, J. A. **Lightning protection of aircraft**. National Aeronautics and Space Administration. NASA Reference Publication N° 1008, Washington, DC, 1977.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES, **EMC Teste e**

Medição, Disponível em: <http://www.keysight.com/br>. Acesso em: 16 ago. 2018.

MILITARY & AEROSPACE EMC 2018 Guide. **Interference Technology Guide Series**, Disponível em: <http://www.interferencetechnology.com>. Acesso em: 17 out. 2018.

MORGAN, D. A Handbook for EMC Testing and Measurement, **IET Electrical Measurement Series 8**, 2007.

RADIO TECHNICAL COMMISSION FOR AERONAUTICS. **Environmental conditions and test procedures for airborne equipment**. RTCA / DO-160, rev. G, Washington, DC, 2010.

ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG. **EMC Teste e Medição**. Disponível em: <http://www.rohde-schwarz.com/br>.

SOLAR ELECTRONICS COMPANY. **Equipments for EMI**. Disponível em: <http://www.solar-emc.com>. Acesso em: 18 set. 2018.

USER TEST PLANNING GUIDE. **Electromagnetic Interference/Compatibility (EMI/EMC) – Control Test and Measurement Facility**, NASA-Lyndon B. Johnson Space Center, Houston, Texas, 2016.

Defesa aeroespacial e segurança nacional em xeque: a precária disciplina normativa ao abate de aeronaves

Aerospace defense and national security in check: the precarious normative discipline on aircraft slaughter

La defensa aeroespacial y la seguridad nacional bajo control: la precaria disciplina normativa sobre la detección y destrucción de aeronaves ilícitas

Andrew Fernandes Farias¹

RESUMO

O presente artigo, baseado em pesquisa documental e bibliográfica, tem por objetivo verificar se o aparato normativo brasileiro viabiliza uma defesa eficaz do espaço aéreo ante ameaças de aeronaves hostis. Como é cediço, o espaço aéreo é locus de vulnerabilidade para questões de segurança e defesa. Nesse sentido, o abate de aeronaves revela-se uma medida imprescindível para a preservação da segurança e defesa nacional. Como no Brasil o abate está restrito apenas para as hipóteses de aeronaves suspeitas de tráfico ilícito de entorpecentes, questões muito mais graves que estas, como terrorismo, não estão regulamentadas, fazendo com que os bens e interesses pátrios, nacionais, fiquem em situação de vulnerabilidade. Assim, malgrado o Brasil possuir os meios operacionais (pessoal treinado, radares, aviões, helicópteros, etc.) para fazer frente às ameaças via espaço aéreo nacional, não dispõe dos meios jurídicos. Para solucionar a questão, é necessário que seja confeccionado um ato normativo que amplie as hipóteses de cabimento do abate de aeronaves, permitindo-o para as demais hipóteses que ameaçam a segurança e defesa nacional.

Palavras-chave: Defesa aeroespacial. Segurança Nacional. Abate de aeronaves. Ampliação das hipóteses.

ABSTRACT

This article, based on documentary and bibliographic research, aims to verify if the Brazilian normative apparatus enables an effective defense of airspace against threats from hostile aircraft. As is common, airspace is a locus of vulnerability for security and defense issues. In this sense, the destruction of aircraft proves to be an essential measure for the preservation of national security and defense. As aircraft destruction in Brazil is restricted only to suspected illicit drug traffic hypotheses, issues that are much more serious than these, such as terrorism, are not regulated, making national property and national interests vulnerable. Then, despite Brazil having the operational means (trained personnel, radars, planes, helicopters, etc.) to face threats via national airspace, it does not have the legal means. To solve the issue, it is necessary to prepare a normative act that expands the possibilities of reference about aircraft destruction, allowing it for other cases that threaten national security and defense.

Keywords: Aerospace defense. National security. Aircraft slaughter. Expansion of the hypotheses.

I. Universidade da Força Aérea (UNIFA) – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. Mestre em Ciências Aeroespaciais pela Universidade de Força Aérea (UNIFA). E-mail: andrewadvc@gmail.com

Recebido: 12/04/19

Aceito: 13/05/19

RESUMEN

Este artículo, basado en la investigación documental y bibliográfica, tiene como objetivo verificar si el aparato normativo brasileño permite una defensa efectiva del espacio aéreo contra las amenazas de fuerzas aéreas hostiles. Como es normal, el espacio aéreo es un lugar de vulnerabilidad para los problemas de seguridad y defensa. En este sentido, la destrucción de aviones resulta ser una medida esencial para la preservación de la seguridad y defensa nacional. Como derribo de aviones en Brasil se limita solo a las hipótesis de aviones sospechosos de tráfico ilícito de narcóticos, los problemas que son mucho más graves que estos, como el terrorismo, no están regulados, lo que hace que la propiedad privada y estatal y los intereses nacionales sean vulnerables. Por lo tanto, a pesar de que Brasil tiene los medios operativos (personal capacitado, radares, aviones, helicópteros, etc.) para enfrentar amenazas a través del espacio aéreo nacional, no cuenta con los medios legales. Para resolver el problema, es necesario crear una normativa que amplíen esos otros casos que amenazan la seguridad y la defensa nacional.

Palabras clave: Defensa aeroespacial. Seguridad nacional. Destrucción de aeronaves. Expansión de las hipótesis.

1 INTRODUÇÃO

A segurança e a defesa de um Estado abrangem necessariamente seu respectivo espaço aéreo. A história revela vários episódios em que aeronaves, no espaço aéreo, são utilizadas para a prática de crimes, atos terroristas e como instrumentos de conflitos bélicos não convencionais.

As preocupações das forças armadas em relação à defesa da pátria concentravam-se no confronto convencional entre forças militares. Ocorre que, com a escalada das agremiações e dos atos terroristas ao redor do globo, máxime com os ataques às torres gêmeas em Nova Iorque, na data de 11/09/2001, constatou-se que a defesa da pátria demanda, entre outras questões, o combate ao terrorismo.

Nessa perspectiva, verifica-se que, devido a uma vulnerabilidade, *in re ipsa*, o espaço aéreo é um ambiente atraente à prática de atos de agressão. Assim, a proteção do espaço aeroespacial revela-se premente para que o mandamento constitucional de defesa da pátria seja

observado. Nesse particular, a missão da Força Aérea Brasileira de resguardar os céus nacionais assume especial destaque.

Nesse contexto, indaga-se: o Brasil está preparado juridicamente para essa realidade? O que fazer diante de aeronaves civis hostis que trafegam no espaço aéreo nacional? Interceptá-las? Abatê-las?

Como resguardar o espaço aéreo nacional das ameaças contemporâneas, entre elas a ameaça terrorista? Eventual vácuo legislativo nessa hipótese fragiliza a defesa nacional e coloca em posição de vulnerabilidade os agentes de defesa aérea da Força Aérea Brasileira que poderão responder criminalmente por seus atos praticados ao arrepio de expressa legislação.

2 ABATE DE AERONAVES E PENA DE MORTE: UMA NECESSÁRIA DIFERENCIAÇÃO

De forma precípua, cumpre diferenciar o abate de aeronaves da pena de morte, uma vez que são institutos que não se confundem, possuindo grandes diferenças, mas que a comunidade jurídica muitas vezes trata como semelhantes, ou, ao menos, utilizando a relação de conteúdo e continente.

Assim, sustenta Queiroz (2009) que o abate de aeronaves é pena de morte e viola o direito à vida.

Exemplo frisante de quão inúteis podem ser as leis, mesmo quando assumam caráter constitucional, principiológico e garantista, a demonstrar, definitivamente, que o direito, e, pois, o não-direito, o lícito e o ilícito, é o que dissermos que ele é, foi-nos dado pelo decreto 5.144, de 16 de julho de 2004, que, a pretexto, e só a pretexto, de regulamentar os §§ 1º e 2º do art. 303 da Lei 7.565, de 19 de dezembro de 1986 (Código Brasileiro de Aeronáutica), previu a destruição de aeronaves “hostis ou suspeitas de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins”, vale dizer, **instituiu, entre nós, a pena de morte** por juízo de exceção, implicando, por isso, a violação sistemática de vários princípios constitucionais (CF, art. 4 e 5): **a) inviolabilidade da vida (art. 5, caput); b) proibição da pena de morte em tempo de paz (art. 5, XLVII, a); c) presunção de inocência (art. 5, LVII); d) proibição de juízo ou tribunal de exceção (art. 5, XXXVII, a); e) devido processo legal (art. 5); f) prevalência dos direitos humanos (art. 4, II); g) defesa da paz (art. 4, VI); h) solução pacífica dos conflitos (art. 4, VII); i) repúdio ao terrorismo (art. 4, VII); j) legalidade; l) proporcionalidade; m) inviolabilidade da propriedade (art. 5, caput) [...]** Com a edição do decreto, sabemos, agora, que **a pena de morte, que sempre existiu entre nós informalmente, passou a contar com o apoio oficial explícito**, tudo a revelar quão violento e antidemocrático pode ser o “direito democrático”, criado que é à nossa imagem e semelhança, e, pois, expressão fiel dos nossos micro-sistemas (sic) jurídicos. **(grifo nosso)**.

Podestá (2005) aduz que a conduta daquele que abate uma aeronave, matando seus ocupantes, amolda-se ao crime de homicídio e o executor da medida não está albergado por qualquer justificante, *ipsis litteris*: “[...] a conduta de quem abate uma aeronave, matando seus ocupantes, subsume-se ao art. 121 [...]” (PODESTÁ, 2005).

Mas, rogando todas as vênias o abate de aeronave, tal qual previsto no Código Brasileiro de Aeronáutica, não se confunde com pena de morte. De forma precípua, consigne-se que, enquanto a pena de morte é uma **sanção imposta** pelo Estado para aquele que violou a legislação, o abate de aeronaves (tiro de detenção) é um **meio coercitivo** de que se vale o Estado, para impor sua soberania ao renitente descumpridor de decisões do Estado, **facultando** sua utilização ao próprio insurgente; outrossim a pena de morte objetiva **matar o condenado**; por seu turno, o abate visa **impedir o prosseguimento do voo da aeronave hostil**; por derradeiro, na pena de morte o óbito é certo, já no abate o óbito é contingente (possível sim, porém incerto).

Destarte, abate de aeronaves e pena de morte possuem diferenças ontológicas (natureza do ser), teleológicas (finalidade) e consequenciais (consequência), não se podendo confundir esses institutos, ou dizer que o abate é uma espécie de pena de morte. Cumpre reiterar que, no tiro de detenção, a morte não é certa, e a realidade fática comprova essa afirmação. A experiência revela que, em vários procedimentos em que o tiro de detenção foi utilizado, os integrantes da aeronave hostil não foram a óbito, o que comprova e ratifica que abate de aeronave não se confunde com pena de morte.

Ademais, apenas a título ilustrativo, deve-se lembrar que, em muitas *blitz* e bloqueios rodoviários, os órgãos de segurança pública, imbuídos dessa missão, por vezes valem-se da chamada “cama de faquir” (espécie de tapete com pregos), com o objetivo de impedir o

prosseguimento do veículo automotor que descumpre os comandos de parada dos agentes estatais.

Na utilização de “cama de faquir”, a morte também é contingente (possível, porém incerta), mas ninguém se atreve a dizer que a utilização da “cama de faquir” é a instituição da pena de morte em época de paz.

Confirme-se que pena de morte e abate de aeronaves (tiro de detenção) possuem natureza diferente, são aplicados de forma diferente, possuem objetivos diferentes e consequências diferentes. Em resumo, são institutos que não se confundem.

Nessa toada, o abate de aeronave (tiro de detenção) não viola o art. 5º, XLVII, da Constituição Federal/88, ou o art. 4º da Convenção Americana sobre Direitos Humanos (CADH), ou ainda o art. 6º do Pacto Internacional sobre Direitos Cívicos e Políticos (PIDCP).

3 A RELAÇÃO ENTRE (IN)SEGURANÇA JURÍDICA E (IN)SEGURANÇA NACIONAL NO CONTEXTO DO ABATE DE AERONAVES

De acordo com Barroso (2010), existem três grandes escolas de filosofia jurídica: jusnaturalismo, positivismo jurídico e o pós-positivismo.

A crença no direito natural – isto é, na existência de valores e de pretensões humanas legítimas que não decorrem de uma norma emanada do Estado – foi um dos trunfos ideológicos da burguesia e o combustível das revoluções liberais.

Ao longo do século XIX, com o advento do Estado Liberal, a consolidação dos ideais constitucionais em textos escritos e o êxito do movimento de codificação, o jusnaturalismo, chegam ao seu apogeu e, paradoxalmente, tem início o seu declínio. Por ser considerado metafísico e anticientífico, o direito natural é empurrado para a margem da história pela onipotência positivista do final do século XIX (BARROSO, 2010).

Quadro 1 - Diferença entre pena de morte e abate de aeronaves.

DIFERENÇAS	PENA DE MORTE	ABATE DE AERONAVES
ONTOLÓGICAS	Sanção imposta pelo Estado ao condenado por um crime	Meio coercitivo de que se vale o Estado para impor sua soberania ao renitente cumpridor de suas decisões, facultando sua utilização ao próprio insurgente
TELEOLÓGICAS	Objetivam a morte do condenado pela prática de um crime	Objetivam impedir o prosseguimento do voo da aeronave hostil
CONSEQUÊNCIAS	Morte certa	Morte contingente (possível, porém incerta)

Fonte: O autor.

Assim, superado o jusnaturalismo, tem início o positivismo jurídico, resultado da crença no poder absoluto do conhecimento científico. Confunde-se o direito com a norma; lei vigente é lei válida; não se indaga o conteúdo da norma. Merece relevo destacar, consoante adverte Luís Roberto Barroso (2010), que essa corrente filosófica acredita não ser do campo do Direito travar a discussão acerca da justiça.

O positivismo jurídico - que tem como corolário o Estado de Direito - serviu de fundamento para os Estados Totalitários e deu margem para que Estados e homens perpetrassem barbáries e justificassem-nas no Direito legitimador (que não indagava o conteúdo da norma). Nesse sentido, é de grande valia transcrever a seguinte lição do emérito constitucionalista BARROSO (2010):

[...] a decadência do positivismo é emblematicamente associada à derrota do fascismo na Itália e do nazismo na Alemanha. Esses movimentos políticos e militares ascenderam ao poder dentro do quadro de legalidade vigente e promoveram a barbárie em nome da lei. Os principais acusados de Nuremberg invocaram o cumprimento da lei e a obediência a ordens emanadas da autoridade competente. Ao fim da Segunda Guerra Mundial, a idéia de um ordenamento jurídico indiferente a valores éticos e da lei como uma estrutura meramente formal, uma embalagem para qualquer produto, já não tinha mais aceitação no pensamento esclarecido (BARROSO, 2010, p. 242).

Com o fracasso político do positivismo, após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), emerge o pós-positivismo, movimento que reaproxima o Direito da Ética; valoriza os princípios, incorporando-os aos textos constitucionais; concede à constituição juridicidade máxima; defende a teoria dos direitos fundamentais; e traz um novo paradigma de interpretação conhecido como a nova hermenêutica constitucional.

No Brasil, com a redemocratização pós-1988, chega com força a onda neoconstitucionalista. Mas quais são as características e os impactos da adoção desse modelo neoconstitucionalista (pós-positivista)? Até onde pode ir o julgador, quando da aplicação do direito?

Diante do atual cenário brasileiro, constata-se que o Poder Judiciário ganhou tanto espaço que estamos vivendo o momento de judicialização da vida, em que tudo é judicializado, desde a menor rusga entre vizinhos até as questões de defesa e estratégia nacional (demarcação das terras indígenas, por exemplo). Todavia o problema não seria a judicialização, mas o ativismo judicial.

O ativismo judicial ataca as mais diversas áreas, como, por exemplo, a saúde, a educação e até mesmo os fundamentos do regime democrático, no que concerne à harmonia entre os poderes/funções do Estado.

Nesse sentido, Streck (2014) aduz que, em várias unidades da federação, gasta-se mais em pagamentos de ações judiciais sobre acesso à saúde e remédios que nos próprios orçamentos.

[...] Basta vermos que várias unidades da federação gastam mais em pagamentos de ações judiciais sobre acesso à saúde e remédios do que nos próprios orçamentos. Em São Paulo, por exemplo, os gastos da Secretaria Estadual da Saúde com medicamentos por conta de condenações judiciais em 2011 chegaram a R\$ 515 milhões, quase R\$ 90 milhões gastos além do previsto no orçamento. Vladimir Passos Freitas mostra que em 2013, em cinco meses, 7.408 decisões judiciais obrigaram o município de São Paulo a promover a matrícula de crianças nas creches da prefeitura (que nem tem condições de cumprir). (STRECK, 2014, p. 168).

As questões políticas mais delicadas da sociedade contemporânea (aborto, antecipação terapêutica do parto, pesquisa com células-tronco, união homoafetiva, etc.) não estão sendo discutidas no Poder Legislativo, mas decididas pelo Poder Judiciário.

Rompe-se com o sistema de *checks and balances*, o judiciário arvora-se, e usurpa as funções do executivo/legislativo. Advirta-se, ainda, que a mais grave ofensa à Constituição é aquela praticada pelo Poder Judiciário, uma vez que tem a missão de resguardá-la.

O preocupante é que as questões judicializadas vêm sendo decididas de acordo com a vontade, os valores, a moral e a consciência de cada julgador. Nesse ritmo, chega-se à intensa politização da justiça. A interpretação e aplicação do direito são atividades de extrema relevância, fundamentais para o regime democrático e a harmonia entre os poderes.

Ademais, as palavras possuem um sentido, não podem ser interpretadas ao gosto e conveniência do julgador. Nesse intento, elucida Streck (2013) que existem limites semânticos a serem obedecidos. Ocorre que atualmente no Brasil vem prevalecendo a ideia de que interpretar é um ato de poder, sendo assim tudo pode e tudo é permitido.

Hermenêutica jurídica é coisa séria. Não se pode dizer qualquer coisa sobre qualquer coisa. Há limites semânticos que, se não forem ultrapassados pela parametricidade constitucional, devem ser minimamente obedecidos [...] De todo modo, no Brasil, cada vez mais prolifera a infeliz ideia de que interpretar é um ato de vontade (de poder)...Tudo é permitido. Algo do tipo 'não há verdades'. 'Tudo é relativo' (como se também a frase não fosse relativa!) (STRECK, 2013, p. 102, 104).

Ainda segundo Streck (2013), a consequência dessa postura é a política jurídica, ou seja, as decisões judiciais ficam reféns da subjetividade do intérprete e aplicador do direito.

As decisões acabam sendo fruto de meras subjetividades, sem compromissos com a história institucional do direito e do instituto em questão. É o extremo pragmaticismo em vigor. Como se existisse um 'grau-zero' e que a decisão pode ser do jeito que o decisor quiser [...] Kelsen era um pessimista moral. Ele tinha certeza que era impossível controlar a vontade de poder judicial. Ele lera Nietzsche. Por isso, fez a sua teoria pura... Kelsen não queria se meter no andar de baixo (no mundo da aplicação). Ali, dizia o velho mestre, faz-se política jurídica (STRECK, 2013, p. 104).

Como deveria então o julgador decidir? Com base em argumentos jurídicos, pois, dessa forma, a sociedade teria garantia de que a Constituição seria respeitada e de que ninguém estaria acima dela, nem mesmo o Poder Judiciário. Como adverte o insigne jurista gaúcho, a violação à Constituição é sempre uma ameaça à democracia e o aplauso de hoje pode tornar-se o grito de horror do amanhã. É melhor confiar no direito ou na vontade do julgador?

Em lição análoga, Ferrajoli (2002) adverte que, com essa expansão do Poder Judiciário, cumpre ficar atento para que não ocorra um desequilíbrio entre os poderes e o risco do Governo dos Juízes. Assim, ensina que o Poder Judiciário não deve ultrapassar sua vasta competência, impondo a este Poder aplicar substancialmente a lei que é sua fonte de legitimidade.

Assim, devemos reconhecer que desta expansão da jurisdição advém um enorme crescimento do poder judiciário e de seu papel político, o qual cria o risco de se produzir um desequilíbrio nas relações entre os poderes públicos e requer, portanto, um reforço das suas condições de legitimidade. Certamente, o papel de garantia no qual consiste tal poder implica excluir, a princípio, que se possa temer o chamado governo dos juízes [...] Sobretudo pelo fato de o Poder Judiciário intervir, com as suas censuras e as suas sanções, com respeito do exercício ilegítimo dos outros poderes, e não a respeito do exercício legítimo desses. É um poder de censura e não de transformação, de conservação e não de inovação. Todavia, a fim de que o poder judiciário não desborde de suas já extensas competências e intervenha não nos espaços legítimos, mas somente nos espaços ilegítimos da política, é necessário que a jurisdição, de qualquer tipo ou nível, consista no maior grau possível, na aplicação substancial da lei, que é a única fonte da sua legitimidade [...] (FERRAJOLI, 2002).

Nessa intelecção, verifica-se que, contemporaneamente, o Brasil passa por um intenso ativismo judicial. Consta-se uma intensa judicialização da política e politização da justiça. Consigne-se ainda que, atualmente, entre as democracias ocidentais, corolário lógico, o próprio Brasil passa por uma natural proeminência do Poder Judiciário, em virtude do Constitucionalismo ser o paradigma jurídico.

É preciso, então, ser vigilante para não se sucumbir a um governo dos juízes. O resguardo do Estado de Direito demanda um Poder Judiciário que respeite a separação dos poderes e circunscreva-se a sua competência de aplicação **substancial** da lei. Como ensina FERRAJOLI (2002), para conter o Poder Judiciário é necessário abandonar a ponderação de valores (enfraquece a normatividade da Constituição) e o ativismo judicial (solapa a separação dos Poderes), impor rigorosos limites ao Poder Judiciário, resguardando a política de suas interferências, sujeitar o juiz à lei, impor a julgador decisões racionais (e não potestativas) e o desenvolvimento de uma deontologia jurídica.

Ocorre que, ao cotejar as lições de FERRAJOLI (2002) com a realidade brasileira, constata-se que o Brasil está em um rumo perigoso, uma vez que nele aplaude-se a ponderação de valores, vibra-se com o ativismo judicial, e o Poder Judiciário invade cada vez mais a competência dos demais poderes, posto que os juízes decidem de acordo com sua vontade, ignorando o texto normativo. A total insegurança jurídica e a imprevisibilidade é a realidade contemporânea brasileira.

Malgrado a realidade atual do universo jurídico em território nacional – intensa insegurança jurídica –, para alguns juristas a questão da necessidade do abate de aeronaves no espaço aéreo nacional deve ser analisada sobre cada caso concreto, sendo uma questão mais de fato que de direito. Assim, segundo esses pensadores, em cada caso concreto a autoridade aeronáutica militar deve verificar a proporcionalidade da ação e a eventual incidência de alguma justificante (legítima defesa, estado de necessidade etc.) ou dirimente (inexigibilidade de conduta diversa, potencial consciência da ilicitude etc.).

Em palestra no Clube Militar, em que se discutia a Lei do Abate, o professor Ferreira, da Universidade Federal Fluminense (informação verbal¹), aduziu que o disparo de destruição deve ser executado primordialmente à luz das normas de regência do direito penal e não da Lei nº 9.614/98.

¹ Palestra ministrada pelo Professor Gustavo Sampaio Telles Ferreira, da Universidade Federal Fluminense, no ano de 2013, no Clube Militar, acerca da Lei do Abate. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qFeKK7B_EzQ>. Acesso em: 29 out. 2018.

O resultado não está na interpretação da Lei nº 9614/98, parece até que há uma certa desnecessidade de avaliá-la à luz da Constituição, o que em verdade, qualquer providência de disparo de destruição tem que ser executada não à luz da Lei nº 9614/98, mas à luz das normas de regência do direito penal brasileiro... o direito penal brasileiro fixa no Código Penal... o crime é fato típico, ilícito e culpável... matar alguém pode ser crime, pode não ser... quem mata em legítima defesa age de modo típico, a conduta está adequada ao tipo penal... mas não necessariamente essa ação é delituosa, porque a legítima defesa se constitui na condição de excludente da ilicitude ao lado do estado de necessidade...mas matar alguém sem excludente de ilicitude, sem excludente de culpabilidade é crime de homicídio... (FERREIRA, 2013).

Acrescentou que o abate de aeronave é um problema mais ligado ao fato e à prova que ao direito, e destacou que a legalidade do abate deve ser aferida no caso concreto à luz das justificantes do direito penal, verificando se a medida de defesa aérea foi proporcional e se estava presente, por exemplo, uma hipótese de legítima defesa.

[...] será que é a Lei nº 9.614/98 que resolve a controvérsia que nos acomete agora nessa dúvida de saber se é lícito ou não o disparo de destruição [...] me parece que não [...] me parece que o fundamento da exequibilidade, da juridicidade [...] reside na interpretação da norma jurídico penal [...] aquele piloto Comandante daquela aeronave, da qual partirá o disparo de destruição da outra aeronave, ele estará sob a custódia da excludente da ilicitude [...] todos têm o dever de discernir as coisas, saber o que é lícito ou ilícito [...] mas quando o piloto... recebe o comando do Comdabra [...] será que naquele momento [...] que aquele disparo estará acobertado pela excludente [...] me parece que este é um problema ligado ao fato e à prova, mais que ao direito [...] (FERREIRA, 2013).

Por fim, segundo o Professor FERREIRA (2013), se uma aeronave estiver sobrevoando o Estado do Amazonas com duzentos quilos de substância entorpecente e descumprir os comandos da autoridade aeronáutica, enquadrando-se no que a legislação conceitua como aeronave hostil, ainda assim, não poderá ser abatida, visto ser o abate nesse caso uma medida inconstitucional, uma vez que todos os meios devem ser utilizados para preservar a vida.

Para o professor Ferreira (2013), não é a Lei nº 9.614/98 com suas especificidades que vai balizar o abate de aeronaves, mas os dispositivos genéricos do Código Penal.

[...] mas é preciso estabelecer standards de interpretação... creio que se aquela aeronave... está na iminência da causação de um mal maior... nesse juízo de ponderação, parece que a cobertura da excludente estaria presente... mas será que simplesmente a ciência de que aquela aeronave esta sobrevoando o Estado do Amazonas, carrega 200 quilos de substância psicotrópica, mas se cair cairá sobre a floresta amazônica, e aquela aeronave não obedeceu aos Comandos de interceptação,

todos os quesitos anteriores foram cumpridos, será que a Constituição agasalha o tiro de destruição? Nesse caso, me parece que não... me parece que todos os meios deverão ser empregados de sorte a se preservar aquela vida... minha recomendação... que a execução de um disparo dessa ordem não venha agasalhado pelas disposições normativas da Lei nº 9.614/98, mas que venha agasalhado pela interpretação do direito penal, que se raciocine naquele momento se há uma elementar excludente de ilicitude que arrazoe a execução daquela providência, se o estado de necessidade está presente se a legítima defesa está presente [...] (FERREIRA, 2013).

Rogando todas as vênias, o raciocínio reforça a insegurança jurídica, o que deixa a autoridade aeronáutica e os pilotos reféns da interpretação do hermenêuta de gabinete. Outrossim, apesar de não ignorar, no plano da existência, variáveis bastante relevantes (imprevisibilidade e velocidade), ignoram-nas quando da articulação e conclusão do argumento.

Revela-se pouco crível que, em questões de curto espaço de tempo, a autoridade aeronáutica seja capaz de decidir acerca da presença ou não de um justificante, seja porque o tempo é exíguo, seja porque as informações são exíguas. Provavelmente, apenas se terá a certeza da incidência da legítima defesa no momento do ataque, ou seja, quando a defesa do ato agressivo não for mais possível.

A título ilustrativo, basta imaginar a hipótese de um ataque químico ou biológico, tendo como alvo terras de agricultura e pecuária, com o escopo de desestabilizar a economia de uma região ou país. Podem-se citar ainda ataques suicidas com uma aeronave carregada com explosivos de alto poder destrutivo etc.

Assim, segundo tais autores, a legalidade e licitude do abate de aeronaves seria uma questão eminentemente subjetiva, devendo o responsável pela interpretação e aplicação do direito verificar se, naquele caso concreto, a medida foi proporcional, estando presentes uma justificante ou dirimente.

Nesse sentido, após a execução do abate, a autoridade aeronáutica militar e o executor ficariam à mercê do subjetivismo do responsável pelo aparato persecutor, e estes verificariam se naquele caso concreto a ação foi adequada, verificando a proporcionalidade da medida e a incidência ou não dos três substratos do crime. Com todas as vênias, a prevalecer esse raciocínio, a insegurança jurídica seria a regra, o que conduziria à vulnerabilidade da segurança e defesa nacional, consoante explicaremos à frente.

Diante desse panorama, importa questionar o que é melhor para fins de preservação da segurança nacional (direito à garantia fundamental de todo cidadão brasileiro): uma lei clara que discipline com limpidez o procedimento, a finalidade, as hipóteses de cabimento do abate ou; que a situação seja resolvida em cada caso concreto, por meio de verificação de juízos de proporcionalidade?

A reflexão é importante, uma vez que se observam na comunidade jurídica vários questionamentos acerca da constitucionalidade e convencionalidade do abate de aeronaves, haja vista que é inequívoco que o abate seja uma medida de extrema intervenção.

Por seu turno, como exposto alhures, o Brasil vive um momento de intensa insegurança jurídica, em que o direito foi instrumentalizado pela moral, não valendo mais o que está na lei, mas o que o hermenauta, ao interpretar a lei, deseja, segundo sua moral, ética, suas inclinações etc.

Registre-se que, na hipótese de a lei não ser clara ou quando existirem fundados questionamentos acerca da sua higidez, a insegurança jurídica intensifica-se podendo levar a autoridade aeronáutica ou o piloto a não procederem ao abate, mesmo em caso de necessidade, ou, ainda que optem pela realização da medida, podem ser demandados pelo hermenauta de gabinete.

Diante desse cenário, constata-se que, **quanto mais clara for a Lei, menor será a insegurança jurídica e maior, o nível de segurança e defesa nacional.** Ora, tanto menos vulnerável (juridicamente) a autoridade aeronáutica militar, maior a serenidade e velocidade na tomada de decisão. É inequívoco que a insegurança jurídica é um fator que inibe a tempestiva e escorreita tomada de decisão.

Insista-se, que, não estabelecendo a lei critérios claros, a segurança e defesa nacional (direito e garantia fundamentais) restam comprometidas, tendo em vista que a autoridade aeronáutica ficará absorvida pela complexidade imperscrutável da correta tomada de decisão.

Em palestra para o Clube Militar em 2013, o então Major Brigadeiro Baptista Júnior (informação verbal²), na ocasião comandante do COMDABRA, advertiu acerca da necessidade de uma lei que regulamentasse as regras de engajamento e respaldasse o procedimento de abate. Externou, também, uma preocupação com a posterior responsabilidade jurídica da autoridade aeronáutica militar que determinar o abate.

[...] precisamos de regras de engajamento, e não há regra de engajamento melhor do que a lei [...] aquilo que limita o que nós podemos fazer [...] que dê um amparo legal, para que na hora que derrubar alguém, vão querer saber qual dos cinco envelopes está aberto [...] eu tenho certeza de que o dono desse envelope aberto vai ter que sentar depois para responder sobre isso [...] (BAPTISTA JÚNIOR, 2013).

Consigne-se que essa demora - em razão de imbróglis jurídicos - pela autoridade aeronáutica militar, na busca da escorreita tomada de decisão, poderá resultar na concretização do atentado que vitimará milhares de

nacionais ou que lesará gravemente os interesses pátrios.

Diante de um mesmo caso concreto, se a legislação não for clara, poderá a autoridade aeronáutica.

(i) não determinar o abate e responder criminalmente, em sendo concretizado o ataque aos cidadãos, bens e interesses nacionais via espaço aéreo;

(ii) determinar o abate e responder criminalmente, pois, de acordo com o subjetivismo do intérprete de gabinete, a medida não deveria ser realizada.

Nessa inteligência, para que o aparato normativo brasileiro viabilize a reação adequada e eficaz dos meios operacionais, na prevenção e no combate às ameaças e aos ataques à nação, é imprescindível que a legislação seja clara e inequívoca sobre a temática. **O arcabouço legislativo deve servir como instrumento para a defesa aeroespacial, viabilizando uma ação eficaz dos meios operacionais, e não como óbice.**

Face à necessidade de um aparato legislativo claro, indaga-se: **o atual arcabouço normativo referente ao abate de aeronaves no Brasil fornece a necessária segurança jurídica para a autoridade aeronáutica decidir na hipótese de ameaça à segurança e defesa nacional via espaço aéreo?**

3 ANÁLISE DO ATUAL ARCABOUÇO NORMATIVO REFERENTE AO ABATE DE AERONAVES

Conforme destacado alhures, é preciso verificar em que medida a legislação brasileira viabiliza que a defesa aeroespacial seja realizada de forma adequada e eficaz. De outro modo, a atual legislação brasileira referente ao abate de aeronaves serve de instrumento a uma defesa aeroespacial eficaz?

Como é cediço, o Código Brasileiro de Aeronáutica (BRASIL, 1986), por meio da Lei nº 9614/98, positivou a possibilidade do abate de aeronaves, nominando-a de “medida de destruição”.

Dispõe o CBA (BRASIL, 1986) que uma aeronave poderá ser detida pela autoridade aeronáutica nos seguintes casos: se voar no espaço aéreo brasileiro com infração das convenções internacionais ou de autorização para tal fim; se entrar no espaço aéreo brasileiro e desrespeitar a obrigatoriedade de pouso em aeroporto internacional; para exame de documentos indispensáveis; para verificação de carga ou de porte proibido de equipamento; e para averiguação de ilícito.

Ademais, o CBA (BRASIL, 1986) estabelece que a autoridade aeronáutica poderá empregar os meios que julgar necessários para compelir a aeronave a efetuar o pouso no aeródromo que lhe for indicado. Esgotados

² Palestra ministrada pelo então Major Brigadeiro Baptista Júnior no ano de 2013, no Clube Militar, acerca da Lei do Abate. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=K9w3p5e-dyo>>. Acesso em: 29 out. 2018.

os meios coercitivos, a aeronave será classificada como hostil ficando sujeita à medida de destruição.

Destarte, segundo o CBA (BRASIL, 1986), são várias as hipóteses em que uma aeronave poderá ser interceptada, no entanto a aeronave apenas ficará sujeita ao abate após ser classificada como hostil.

Para a aeronave ser classificada como hostil, tomando-se como referência os preceitos legais, precisam ter sido exauridos todos os procedimentos coercitivos. Ocorre que o CBA não referencia quais são os meios coercitivos, mas aduz que a lei prescreverá e disciplinará os meios coercitivos: “Esgotados os meios coercitivos legalmente previstos, a aeronave será classificada como hostil, ficando sujeita à medida de destruição”.

Nesse sentido, foi editado o Decreto nº 5.144/2004 que disciplinou o procedimento da medida de destruição (abate) apenas para as aeronaves suspeitas de tráfico ilícito de entorpecentes.

Reitere-se: os meios coercitivos (medidas de averiguação, intervenção e persuasão) foram fixados pelo Decreto nº 5.144/2004, em seu artigo 3º, ao estabelecer que apenas as aeronaves suspeitas de tráfico ilícito de entorpecentes estarão sujeitas aos meios coercitivos de averiguação, intervenção e persuasão.

Art. 2º Para fins deste Decreto, é considerada aeronave suspeita de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins aquela que se enquadre em uma das seguintes situações [...]

Art. 3º As aeronaves enquadradas no art. 2º estarão sujeitas às medidas coercitivas de averiguação, intervenção e persuasão, de forma progressiva e sempre que a medida anterior não obtiver êxito, executadas por aeronaves de interceptação, com o objetivo de compelir a aeronave suspeita a efetuar o pouso em aeródromo que lhe for indicado e ser submetida a medidas de controle no solo pelas autoridades policiais federais ou estaduais. (BRASIL, 2004).

Ademais, o artigo 4º do Decreto nº 5.144/2004 estabelece que apenas as aeronaves suspeitas de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins poderão ser classificadas como hostis, ficando sujeitas às medidas de destruição.

Art. 4º A aeronave suspeita de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins que não atenda aos procedimentos coercitivos descritos no art. 3º será classificada como aeronave hostil e estará sujeita à medida de destruição. (BRASIL, 2004).

Destarte, atualmente o abate de aeronaves apenas poderá ser executado contra aeronaves suspeitas de tráfico de substância entorpecente. Indagam-se: e ameaças terroristas? Ameaças de facções criminosas? Guerra híbrida?

O espaço aéreo brasileiro está praticamente desguarnecido sob a ótica jurídica. Nessa inteligência, o espaço aeroespacial brasileiro está completamente

desguarnecido para ameaças e ataques muito mais graves aos interesses nacionais, que não apenas utilizam o espaço aéreo como meio, mas como fim (plataforma de ataque).

Constata-se que atualmente a defesa aeroespacial brasileira está gravemente comprometida, sob o ponto de vista jurídico. **Então, de que adiantam radares com tecnologia de ponta, caças de quinta geração, pilotos altamente treinados, armamento inteligente, se, ao ser detectada uma ameaça presente no espaço aéreo, a legislação impede que a ameaça seja combatida?** Reitere-se que a segurança - direito e garantia fundamental de todo cidadão - é praticamente inexistente, ante ataques via espaço aeroespacial brasileiro!

Nesse sentido, pode-se concluir que o aparato normativo brasileiro atualmente serve como um óbice para que os meios operacionais possam realizar com eficácia sua missão constitucional de defesa da pátria.

Como a Força Aérea cumprirá sua missão, insculpida no Livro Branco de Defesa Nacional, de impedir “o uso do espaço aéreo brasileiro para a prática de atos hostis ou contrários aos interesses nacionais” se, ao detectar a ameaça, nada pode fazer, uma vez que, a legislação, ao ser omissa, dificulta e praticamente impede qualquer ação?

Assim, com o objetivo de garantir a segurança e defesa nacional, resta evidente a necessidade da edição de um ato normativo que amplie as hipóteses de possibilidade do abate de aeronaves.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é cediço, a Constituição Federal de 1988 assegura à população brasileira o direito fundamental à segurança e impõe à Força Aérea Brasileira a missão de zelar pela defesa da pátria. Consequentemente, a FAB tem por missão fundamental garantir a defesa do espaço aéreo nacional.

Assim, para que a FAB possa cumprir sua missão de resguardar de forma eficaz os céus brasileiros contra ameaças à população, aos bens e interesses nacionais, é imprescindível que exista um aparato normativo capaz de viabilizar a realização dessa ação operacional com a agilidade e velocidade que a situação requer.

Constata-se que o aparato normativo é deficiente, não disciplina o procedimento de abate para as situações mais delicadas da contemporaneidade, como, por exemplo, o terrorismo.

Consequentemente, essa realidade: (i) coloca em xeque a soberania brasileira sobre seu espaço aéreo; (ii) põe em risco a segurança da população, dos bens e interesses brasileiros; (iii) expõe a autoridade aeronáutica militar a uma posição de vulnerabilidade profissional e jurídica. Urge, contudo, que se modifique o atual panorama antes que a tragédia anunciada ocorra.

REFERÊNCIAS

BARROSO, L. R. et al. **A nova interpretação constitucional**: ponderação, direitos fundamentais e relações privadas. 3. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 29 out. 2018.

BRASIL. **Código Brasileiro de Aeronáutica**, de 19 de dezembro de 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7565.htm. Acesso em: 29 out. 2018.

BRASIL. Decreto n. 5.144, de 16 de julho de 2004. Regulamenta os §§ 1º, 2º e 3º do art. 303 da Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, no que concerne às aeronaves hostis ou suspeitas de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5144.htm. Acesso em: 29 out. 2018.

BRASIL. Lei n. 9.614, de 5 de março de 1998. Altera a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, para incluir hipótese destruição de aeronave.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9614.htm. Acesso em: 29 out. 2018.

FERRAJOLI, L. **A soberania no mundo moderno**: nascimento e crise do estado nacional. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

FERREIRA, G. S. T. Palestra Clube Militar sobre a Lei do Abate. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qFeKK7B_EzQ. Acesso em: 29 out. 2018.

PODESTÁ, E. G. **A inconstitucionalidade da Lei do Abate**. Disponível em: <https://www.ibccrim.org.br/artigos/2005/07>. Acesso em: 11 abr. 2012.

QUEIROZ, P. **Seriam as leis inúteis?** Disponível em: <http://jusvi.com/artigos/15842>. Acesso em: 11 fev. 2010.

STRECK, L. L. **Compreender direito**: desvelando as obviedades do discurso jurídico. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2013.

STRECK, L. L. **Compreender direito**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2014. v. 2.

STRECK, L. L. **Compreender direito**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2015. v. 3.

STRECK, L. L. **Lições de crítica hermenêutica do direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2016.

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 APOIO À PESQUISA E AO ENSINO (PROAPE)
COORDENADORIA DA EDITORA DA UNIFA (ED-UNIFA)

Av. Marechal Fontenelle, 1000 - Campo dos Afonsos

Rio de Janeiro - RJ

CEP 21740-000

Telefone/Telephone number/Teléfono: +055 21 21572753

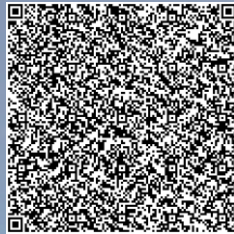
Site/Website/Sitio Web: www.fab.mil.br/unifa/revistadaunifa

E-mail/E-mail/Email: revistadaunifa@gmail.com



FORÇA AÉREA BRASILEIRA

Asas que protegem o País



ED - UNIFA

